

Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz



Silvio Carlos Coêlho

**Condições Sanitárias do Solo e da Água de Poços Tubulares da Comunidade Rural
“Cinturão Verde” de São Luís – MA: Parâmetros Físicos e Químicos, Colimétricos e
Parasitológicos.**

Rio de Janeiro

2017

Silvio Carlos Coêlho

**Condições Sanitárias do Solo e da Água de Poços Tubulares da Comunidade Rural
“Cinturão Verde” de São Luís – MA: Parâmetros Físicos e Químicos, Colimétricos e
Parasitológicos.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saúde Pública e Meio Ambiente, da Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, na Fundação Oswaldo Cruz, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Gestão de Problemas Ambientais e Promoção da Saúde.

Orientadora: Dra. Adriana Sotero Martins

Coorientador: Dr. Antônio Nascimento Duarte

Rio de Janeiro

2017

Catálogo na fonte
Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica
Biblioteca de Saúde Pública

C672c Coelho, Silvio Carlos
Condições sanitárias do solo e da água de poços tubulares da comunidade rural “cinturão verde” de São Luís – MA: parâmetros físicos e químicos, colimétricos e parasitológicos. / Silvio Carlos Coelho. 2017.
127 f. : il. color. ; tab. ; graf. ; mapas

Orientador: Adriana Sotero Martins
Antônio Nascimento Duarte
Dissertação (Mestrado) – Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2017.

1. Água Potável - análise. 2. Irrigação Agrícola.
3. Abastecimento Rural de Água. 4. Solo. 5. Qualidade da Água. 6. Perfis Sanitários. I. Título.

CDD – 22.ed. – 363.73098121

Silvio Carlos Coêlho

**Condições Sanitárias do Solo e da Água de Poços Tubulares da Comunidade Rural
“Cinturão Verde” de São Luís – MA: Parâmetros Físicos e Químicos, Colimétricos e
Parasitológicos.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saúde Pública e Meio Ambiente, da Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, na Fundação Oswaldo Cruz, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Gestão de Problemas Ambientais e Promoção da Saúde.

Aprovado em: 26 de outubro de 2015

Banca Examinadora

Dr. Paulo Medeiros dos Santos
Instituto Federal do Maranhão

Dra. Maria José Salles
Fundação Oswaldo Cruz - Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca

Dra. Adriana Sotero Martins – Presidente
Fundação Oswaldo Cruz - Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca

In Memoriam de minha mãe Maria Delzuita
Faria Pereira e meu Pai Saint-Clair do Carmo
Calvet Coelho, por todos os ensinamentos,
honradez e honestidade, muito obrigado!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me conduzido e concedido perseverança para seguir durante essa caminhada.

A minha família, meus irmãos pelo apoio e incentivo.

As minhas filhas, Chalane, Tainara e Thayná e meu filho David Saint-Clair no que nos ofertamos de amor, alegria e amizade.

A Lucélia, minha esposa: o amor, o apoio e a cumplicidade em meus projetos.

A minha orientadora, Prof. Dra. Adriana Sotero Martins, por ter me aceitado como orientando e passado um pouco de seus conhecimentos e sua valiosa experiência.

Ao Dr. Antônio Nascimento Duarte pela sua contribuição.

A Ludmila Santos Amaral doutoranda da FIOCRUZ pela sua contribuição

Ao Professor Dr. Paulo Medeiros dos Santos pela atenção, amizade, orientação e apoio para a realização deste trabalho.

Aos amigos Antônio José Jaime Maia por ter acompanhado em certas etapas do meu projeto e Adriano Moura Rocha pela sua colaboração.

A Técnica em Agroindústria Leidiane de Sousa Lima pela sua colaboração.

As Instituições do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão – IFMA São Luís Campus Maracanã pelo apoio nos processos de coleta e a Secretaria do Meio Ambiente do Estado – SEMA, por ceder-me o Laboratório de Microbiologia para as análises colimétricas do solo e água. A Universidade Estadual do Maranhão – UEMA pela colaboração das análises físicas do solo.

Em especial ao Professor Sergio Koifman que nos deixou antes do término de nossa caminhada.

A todas as pessoas que de alguma forma se envolveram e disponibilizaram algum tempo comigo.

O que vale na vida não é o ponto de partida e
sim a caminhada. Caminhando e semeando, no
fim terás o que colher.

Cora Coralina

RESUMO

A qualidade das águas e do solo está interligada ao planejamento adequado do saneamento e com precariedade deste serviço pode gerar impactos na saúde pública direta ou indiretamente, por meio da poluição e contaminação do solo e dos corpos hídricos, podendo causar agravos na saúde, principalmente em comunidades agrícolas rurais, em que a qualidade sanitária de seus produtos está atrelada à saúde ambiental. Este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade sanitária do solo próximo aos poços e da água de poços tubulares da comunidade rural “Cinturão Verde” de São Luís – MA, por meio de análises físico-químicas, colimétricas e parasitológicas. Amostras de água e de solo da Comunidade do Cinturão Verde foram coletadas e monitoradas durante o período de janeiro de 2014 a novembro de 2014, sendo realizadas por estações, durante os períodos de transição seco-chuvoso, chuvoso, transição chuvoso-seco e seco. As análises físico-químicas do solo foram realizadas de acordo com a metodologia descrita no manual da EMBRAPA e análises físicas e químicas das águas dos poços de acordo com o descrito nos manuais da FEEMA, CETESB e outros. Para análise dos níveis colimétricos da água e do solo foi utilizado o método do substrato cromogênico Colilert® Quanti-Tray 2000 da IDEXX, e os resultados expressos em UFC/g e UFC/mL. E para as análises parasitológicas dessas matrizes ambientais a metodologia utilizada foi a de Lutz e a de Baermann-Moraes adaptadas. O período de transição seco-chuvoso foi o que apresentou os maiores níveis de contaminação colimétrica na água e no solo, chegando a ser encontrado 0,23 UFC/mL em água nos poços P1 e P3, que estão nas regiões 1 e 3, e em solo nas regiões 4 e 5, chegando a 50.10^9 e 30.10^9 UFC/g de solo, respectivamente. Nestas regiões também foi encontrados maior frequência de ovos e larvas. Os resultados das análises físico químicas das águas dos poços apresentaram conformidade com a legislação, próprias para consumo humano e irrigação. E a do solo também. Mas quanto mais frequentes níveis colimétricos altos maior é o risco para a presença de parasitas, devido à presença de esgoto sanitário ou contato com excretas de animais neste solo. O período seco foi o que mais favoreceu a ausência de contaminação, e proteção das matrizes ambientais, em que a temperatura elevada do solo, radiação solar e ausência de carreamento de elementos pela água favorecem os baixos níveis contaminantes nas matrizes ambientais. Os resultados podem contribuir na proposta de medidas para melhorar o ambiente, diminuindo a possibilidade de transmissão de doenças através da água, do contato com o solo e ameaças à saúde pública e ao meio ambiente.

Palavras-chave: Água de consumo. Água de irrigação. Solo. Qualidade sanitária. Área rural.

ABSTRACT

The quality of water and soil is linked to the proper planning of sanitation and precariousness of this service may have an impact on public health directly or indirectly, through the pollution and contamination of soil and water bodies, may cause health problems in health, especially in rural farming communities, where the sanitary quality of their products are linked to environmental health. This study aimed to assess the sanitary quality of the soil next to the wells and water wells in the rural community "green belt" of São Luís - MA, through physical and chemical analysis, colimétricas, and parasitological. Water samples and soil of the Community of the Green Belt were collected and monitored during the period January 2014 to November 2014, being held by stations during periods of dry-rainy, rainy transition, and wet-dry transition and dry . The physico-chemical analyzes of soil were carried out according to the methodology described in the manual EMBRAPA, and physical and chemical analyzes of water from wells as described in the manuals of FEEMA, CETESB and others. For analysis of colimétricos water levels and soil was used the method of chromogenic substrate Colilert® Quanti-Tray 2000 IDEXX, and the results expressed in CFU / g CFU / mL. And for parasitological analysis of these environmental matrices it was the methodology used was to Lutz and adapted the Baermann-Moraes. The dry-rainy transition period showed the major colimétrica contamination levels in water and soil, reaching be found 0.23 CFU / ml in water in P1 and P3 wells which are in Regions 1 and 3, and on the ground in the regions 4 and 5, reaching 50,109 and 30,109 CFU / g soil, respectively. And also the regions where they were found more frequently eggs and larvae. The results of physicochemical analyzes of water from the wells showed accordance with the law, fit for human consumption e irrigation. And the soil too. But the more frequent high colimétricos levels greater the risk to the presence of parasites, because the presence of sewage or contact with the feces of animals in this soil. The dry period was the most favored absence of contamination and protection of environmental matrices, wherein the elevated soil temperature, solar radiation and absence of entrainment elements for favoring the low water levels contaminants in environmental matrices. The results can contribute to the proposal of measures to improve the environment, reducing the possibility of disease transmission through water, contact with the ground and threats to public health and the environment.

Keywords: Drinking water. Irrigation water. Soil. Sanitary quality. Rural Area.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Principais metas para a área urbana do Brasil em 2018, 2023 e 2033.....	23
Figura 2	Principais metas para a área rural do Brasil em 2018, 2023 e 2033	24
Figura 3	Triângulo para determinação das classes texturais de solo, em função das porcentagens de areia, silte e argila e valores limites entre as frações granulométricas.....	27
Figura 4	Localização da área de estudo na comunidade Cinturão Verde.	53
Figura 5	Localização da Comunidade do Cinturão Verde	55
Figura 6	Esquemas representativos do posicionamento dos 25 pontos amostrais, 12 de água (A: 1, 3, 5, 8, 10, 11, 13, 15, 17, 20, 22 e 25) e 13 de solo (S: 2, 4, 6, 7, 9, 12, 14, 16, 18, 19, 21, 23, 24)	56
Figura 7	Ponto de coleta.....	58
Figura 8	Procedimento de limpeza.....	58
Figura 9	Filtro de coleta de amostras parasitárias em água, captada com auxílio de bomba submersa instalada no poço tubular	59
Figura 10	Coleta de amostras da camada superficial do solo para análise de colimetria do solo.....	61
Figura 11	Esquema das diluições utilizadas nas amostras de solo e água	62
Figura 12	Coleta do solo com trado coletor	63
Figura 13	Esquema de amostragem das áreas para análise físicas e químicas do solo.....	63
Figura 14	Coleta de amostra da camada superficial do solo para análise parasitológica...	64
Figura 15	Localização das regiões, pontos de coleta e poços tubulares	65
Figura 16	Balanço hídrico de São Luís – MA / Ano 2013.....	67
Figura 17	Mudança de coloração quando os substratos são degradados ONPG (coloração amarela) e MUG (coloração azul)	78
Figura 18	Elemento filtrante sendo cortado e desenrolado para liberação dos ovos e larvas de parasitos retidos na manta	80
Figura 19	Técnica de Lutz.....	81
Figura 20	Técnica Baermann-Moraes Modificada.....	82
Figura 21	Comparação da frequência absoluta de ovos de <i>Ascaris sp</i> ; <i>Ancylostoma sp</i> e larvas encontradas nas amostras de solo, pelas técnicas de Lutz - adaptada (L) e Baermann-Moraes-adaptada (BM). Painel A – número de amostras com ovos; Painel B – número de amostras com larvas; As - <i>Ascaris sp</i> ; An	

	– <i>Ancylostoma sp</i> ; Fl – Filarióide; Rb – Rabditóide; ■ - positivas; ■ - negativas	90
Figura 22	Percentual de amostras positivas para as estruturas parasitárias (helminhos/protozoários) relacionadas por região da Área Rural do Cinturão Verde – São Luís – MA	91
Figura 23	Porcentagem de positividade das amostras analisadas no solo da Área Rural do Cinturão Verde – São Luís – MA, coletada de Janeiro a Dezembro de 2015, durante os períodos de transição seco/chuvoso (P-S/C), chuvoso (P-C), transição chuvoso/seco (P-C/S) e seco (P-S)	91
Figura 24	Níveis colimétricos do solo das regiões próximas dos quatro poços tubulares ativos da comunidade de Cinturão Verde, nas quatro estações do ano. ■ - níveis de CT; □ - níveis de EC	93
Figura 25	Níveis colimétricos do solo das regiões próximas dos quatro poços tubulares ativos da comunidade de Cinturão Verde, nas quatro estações do ano. ■ - níveis de CT; □ - níveis de EC	93
Figura 26	Níveis colimétricos da água dos quatro poços tubulares ativos da Comunidade do Cinturão Verde, nas quatro estações do ano. ■ - níveis de CT; □ - níveis de EC	106
Figura 27	Dados meteorológicos relacionados com o dia de coleta. ○ Temperatura do ar (°C); ★ Umidade relativa do ar (%); ● Precipitação de chuva (mm)	107

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Frações granulométricas do solo	26
Tabela 2	Valores limites entre as frações granulométricas	27
Tabela 3	Classificação dos solos em função do pH	31
Tabela 4	Classes de reação do solo	31
Tabela 5	Faixas de pH do solo segundo o INPA – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia	32
Tabela 6	Classificação genérica para os teores de Al trocável.....	33
Tabela 7	Classificação de colimetria da areia estabelecido pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMAC 468/10)	36
Tabela 8	Padrões colimétricos para areia estabelecido pela Resolução N° 468/2010, da SMAC, dados expressos em UFC/g	36
Tabela 9	Classificação dos microrganismos em função das temperaturas decrescimento	38
Tabela 10	Padrão de turbidez para água pós-filtração ou pré-desinfecção	40
Tabela 11	A relação entre pH e as diversas formas de alcalinidade	41
Tabela 12	Classificação da água em função dos níveis de dureza	44
Tabela 13	Padrões para qualidade da água de recreação segundo Resolução N°274/2000, do CONAMA, tabela modificada para valores expressos em UFC/mL.....	48
Tabela 14	Doenças relacionadas com a água	50
Tabela 15	Período de coleta das amostras de água e solo – 2014.....	57
Tabela 16	Período chuvoso	59
Tabela 17	Dados de coleta para análise parasitológica dos poços tubulares.....	59
Tabela 18	Período seco.....	60
Tabela 19	Dados de coleta para análise parasitológica dos poços tubulares.....	60
Tabela 20	Número de amostras de água coletadas para cada processo de análise.....	60
Tabela 21	Número de amostras de solo coletadas para cada processo de análise.....	64
Tabela 22	Caracterização e coordenadas dos pontos de coleta de água e solo	66
Tabela 23	Cálculo do tempo de sedimentação da argila (fração menor que 0,002 mm de diâmetro), em suspensão aquosa, para uma profundidade de 5cm, a diversas temperaturas, de acordo com os dados constantes	72

Tabela 24	Variação média da composição granulométrica do solo das regiões nos períodos seco/chuvoso, chuvoso, chuvoso/seco e seco	84
Tabela 25	Variação média da análise física do solo das regiões durante os períodos seco/chuvoso, chuvoso, chuvoso/seco e seco	85
Tabela 26	Variação média dos períodos de transição seco/chuvoso das regiões	86
Tabela 27	Variação média do período chuvoso das regiões	86
Tabela 28	Variação média do período chuvoso/seco das regiões	87
Tabela 29	Variação média do período seco das regiões	87
Tabela 30	Análise da Frequência Larvas de Nematóides encontrados no solo da Área Rural do Cinturão Verde – São Luís – MA, coletada de Janeiro a Dezembro de 2015, durante os períodos seco/chuvoso (P-S/C), chuvoso (P-C), chuvoso/seco (P-C/S) e seco (P-S)	89
Tabela 31	Análise da Frequência de Helminthos encontrados no solo da Área Rural do Cinturão Verde – São Luís – MA, coletada de Janeiro a Dezembro de 2015, durante os períodos de transição seco/chuvoso (P-S/C), chuvoso (P-C), transição chuvoso/seco (P-C/S) e seco (P-S)	91
Tabela 32	Correlação entre dados de colimetria e os de parasitologia do solo	94
Tabela 33	Correlações de Pearson (r) entre a colimetria e os parâmetros físicos e químicos do solo durante o período de transição seco-chuvoso (P-S/C)	94
Tabela 34	Correlações de Pearson (r) entre a colimetria e os parâmetros físicos e químicos do solo durante o período chuvoso (P-C)	95
Tabela 35	Correlações de Pearson (r) entre a colimetria e os parâmetros físicos e químicos do solo durante o período de transição chuvoso-seco (P-C/S)	95
Tabela 36	Correlações de Pearson (r) entre a colimetria e os parâmetros físicos e químicos do solo durante o período seco (P-S)	95
Tabela 37	Variação da média dos parâmetros físicos químicos dos períodos de transição seco-chuvoso (P-S/C), chuvoso (P-C), transição chuvoso-seco P-C/S e seco (P-S)	98
Tabela 38	Resultados parasitológicos das águas dos poços tubulares	105

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGERP	- Agência Estadual de Defesa Agropecuária e Extensão Rural
ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
Al^{3+}	- Íon alumínio
AW	- A - clima tropical e w – chuva de verão
CETESB	- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAB	- Programa Compra Antecipados da Companhia Nacional de Abastecimento.
CTC	- Capacidade de troca de cátions
CT	- Coliformes totais
CF	- Coliformes fecais
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente
CaCO_3	- Carbonato de cálcio
$\text{cmol}_c.\text{Kg}^{-1}$	- Centimol de carga por quilo
Ds	- Densidade do solo
Dp	- Densidade de partículas
EPA	- Agência de Proteção Ambiental
EUA	- Estados Unidos da América
EC	- <i>Escherichia coli</i>
FEEMA	- Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente
g cm^{-3}	- Gramas por centímetros cúbicos
H^+	- Íon hidrogênio
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	- Instituto Nacional de Meteorologia
INEA	- Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro
Kg.m^{-3}	- Quilograma por metro cúbico
Kg	- Quilograma
KCl	- Cloreto de potássio
MUG	- 4 – metil – umbeliferil – β – D – glucoronídeo.
mm	- Milímetro
m^3	- metro cúbico
NMP	- Número Mais Provável

NTU	- Unidade nefelométrica de turbidez
NaOH	- Hidróxido de sódio
nm	- Nanômetro
OMS	- Organização Mundial de Saúde
OPAS	- Organização Pan-Americana de Saúde
ONPG	- o – nitrofenil – β – D – galactopiranosídeo.
PLANSAB	- Plano Nacional de Saneamento Básico
pH	- Potencial de hidrogênio
P-S/C	- Período seco-chuvoso
P-C	- Período chuvoso
P-C/S	- Período chuvoso-seco
P-S	- Período seco
pOH	- Potencial hidroxiliônico
SMAC	- Secretaria Municipal de Meio Ambiente da Cidade do Rio de Janeiro
TDS	- Sólidos totais dissolvidos
TFSA	- Terra fina seca ao ar
UEMA	- Universidade Estadual do Maranhão
UFC/g	- Unidade formadora de colônia por grama
UFC	- Unidade formadora de colônia
UFC/mL	- Unidade formadora de colônia por mililitro
uH	- Unidade de Hanzen
uC	- Unidade de cor
μ S	- microSiemens

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	20
2	REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1	Saneamento Básico e a Saúde Pública	21
2.2	Solo.....	24
2.2.1	Conceitos fundamentais do solo	24
2.2.2	Composição do solo e granulometria	26
2.3	Características Físicas do Solo	28
2.3.1	Umidade	28
2.3.2	Densidade do solo (Ds)	29
2.3.3	Densidade de partículas (Dp)	29
2.3.4	Porosidade total	30
2.4	Características Químicas do Solo.....	30
2.4.1	pH	30
2.4.2	Matéria orgânica no solo	32
2.4.3	Alumínio trocável no solo	33
2.4.4	Condutividade elétrica do extrato aquoso de solo	33
2.5	Características Biológicas do Solo	34
2.6	Normativas Relacionadas com a Qualidade do Solo	35
2.7	Água de Abastecimento Público.....	36
2.7.1	Características físicas da água	37
2.7.1.1	<i>Temperatura</i>	38
2.7.1.2	<i>Cor</i>	39
2.7.1.3	<i>Turbidez</i>	39
2.7.1.4	<i>Condutividade elétrica</i>	40
2.7.2	Características químicas da água.....	41
2.7.2.1	<i>Alcalinidade total</i>	41
2.7.2.2	<i>Cloretos</i>	42
2.7.2.3	<i>Sólidos totais dissolvidos (TDS)</i>	43
2.7.2.4	<i>Dureza total</i>	43
2.7.2.5	<i>Salinidade</i>	44
2.7.2.6	<i>Oxigênio dissolvido</i>	44

2.7.2.7	<i>Cloro residual livre</i>	45
2.7.2.8	<i>Gás carbônico livre</i>	46
2.7.2.9	<i>pH</i>	46
2.8	Água de Recreação	47
2.9	Contaminação Biológica do Solo	48
2.10	Contaminação Biológica da Água	49
2.10.1	Doenças relacionadas com a água	49
3	CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO	52
4	OBJETIVOS	54
4.1	Geral	54
4.2	Específicos	54
5	METODOLOGIA	55
5.1	Metodologia de Campo	55
5.1.1	Área de estudo	55
5.1.2	Plano de amostragem.....	56
5.1.3	Coletas das amostras e procedimentos de campo	57
5.1.3.1	<i>Registro</i>	57
5.1.3.2	<i>Coleta e preservação das amostras de águas dos poços tubulares</i>	57
5.1.3.2.1	Coleta para análise colimétrica de água	57
5.1.3.2.2	Coleta para análise físico-química da água	58
5.1.3.2.3	Coleta para análise parasitológica das águas dos poços tubulares	58
5.1.3.2.4	Fatores ambientais do período chuvoso	59
5.1.3.2.5	Período chuvoso	59
5.1.3.2.6	Fatores ambientais do período seco.....	60
5.1.3.2.7	Período seco.....	60
5.1.3.3	<i>Coleta e preservação das amostras de solo</i>	61
5.1.3.3.1	Coleta de solo para análise de colimetria	61
5.1.3.3.2	Diluição da amostra do solo para análise de colimetria	61
5.1.3.3.3	Amostra do solo para análise físico-química.....	62
5.1.3.3.4	Coleta do solo para análise parasitológica.....	63
5.1.4	Definição das regiões e dos pontos amostrais	65
5.1.5	Período de coleta	67
5.1.6	Condições ambientais de coleta.....	67

5.2	Metodologia Analítica	68
5.2.1	Análises físicas e químicas do solo	68
5.2.1.1	<i>Parâmetros físicos do solo</i>	<i>68</i>
5.2.1.1.1	Umidade atual.....	68
5.2.1.1.2	Temperatura do solo	69
5.2.1.1.3	Densidade de partículas (Dp)	69
5.2.1.1.4	Densidade do solo (Ds)	69
5.2.1.1.5	Porosidade total	70
5.2.1.1.6	Granulometria do solo (dispersão total) – método da pipeta.....	70
5.2.1.2	<i>Parâmetros químicos do solo</i>	<i>72</i>
5.2.1.2.1	Matéria orgânica.....	72
5.2.1.2.2	pH em CaCl ₂	73
5.2.1.2.3	Alumínio trocável (Al ³⁺)	73
5.2.1.2.4	Condutividade elétrica do extrato aquoso do solo.....	73
5.2.2	Análises físico-químicas das águas dos poços tubulares.....	74
5.2.2.1	<i>Parâmetros físicos</i>	<i>74</i>
5.2.2.1.1	Temperatura.....	74
5.2.2.1.2	Cor	74
5.2.2.1.3	Turbidez (Método Nefelométrico)	74
5.2.2.2	<i>Parâmetros químicos</i>	<i>75</i>
5.2.2.2.1	pH	75
5.2.2.2.2	Condutividade elétrica.....	75
5.2.2.2.3	Alcalinidade total.....	75
5.2.2.2.4	Cloretos - Método de Mohr	76
5.2.2.2.5	Gás carbônico livre	76
5.2.2.2.6	Dureza total	76
5.2.2.2.7	Salinidade - método de Mohr-Knudsen.....	77
5.2.2.2.8	Cloro residual livre	77
5.2.2.2.9	Sólidos totais dissolvidos (TDS)	77
5.2.2.2.10	Oxigênio dissolvido.....	77
5.2.3	Análise colimétrica das águas dos poços tubulares e do solo	78
5.2.3.1	<i>Análise colimétrica da água</i>	<i>78</i>
5.2.3.2	<i>Análise colimétrica do solo</i>	<i>79</i>

5.2.4	Análise parasitológica do solo e da água dos poços.....	79
5.2.4.1	<i>Técnica de Lutz (1919) - Sedimentação espontânea</i>	80
5.2.4.2	<i>Técnica de Baermann-Moraes Modificada</i>	81
6	TRATAMENTOS ESTATÍSTICOS DOS DADOS	83
7	RESULTADOS E DISCUSSÃO	84
7.1	Análises Físicas e Químicas do Solo.....	84
7.1.1	Análise física do solo – composição granulométrica	84
7.1.2	Análise física do solo – densidade, porosidade e condutividade.....	85
7.1.3	Análise química do solo	86
7.2	Análises Parasitológicas do Solo.....	89
7.3	Níveis Colimétricos do Solo	92
7.4	Correlações Estatísticas Colimetria e Parasitologia do Solo	94
7.5	Correlações Estatísticas entre as Análises Colimétricas, Físicas e Químicas do Solo	94
7.6	Análises Físico-Química, Parasitológica e Colimétrica da Água	97
7.6.1	Análise físico-química da água	97
7.6.1.1	<i>Características físicas</i>	98
7.6.1.2	<i>Características químicas</i>	101
7.6.2	Análise parasitológica das águas dos poços tubulares	105
7.6.3	Níveis colimétricos das águas dos poços tubulares	105
7.6.4	Condições ambientais de coletas de água e solo durante os quatros períodos (estações)	106
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	108
9	PESPECTIVAS FUTURAS.....	109
	REFERÊNCIAS	110
	APÊNDICES	122

1 INTRODUÇÃO

O Cinturão Verde foi estabelecido em 1999, como parte de um projeto que buscou possibilitar a geração de renda através da consolidação de um polo produtivo de hortifrutigranjeiro na zona rural de São Luís. Atualmente, a produção local inclui 35 itens de alimentação, como legumes, frutas, suínos e aves.

O polo agrícola do Cinturão Verde de São Luís tem se destacado nos últimos anos pela criação de frango caipira e produção de frutas e verduras, hortaliças, cultivadas especificamente numa área de 30 hectares reservada para estas atividades. Cerca de 80 famílias de agricultores vivem da renda da produção, os produtos são destinados ao Programa Compra Antecipados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), escolas comunitárias, hospitais, supermercados e também comercializados na Feira da Agricultura Familiar, realizada pela Agência Estadual de Defesa Agropecuária e Extensão Rural (AGERP). O Cinturão Verde da Vila Sarney Filho I, localizado atrás do Aterro da Ribeira, próximo a BR 135, tem caráter de agricultura familiar e área total de 345 hectares.

A qualidade das águas e do solo está interligada ao saneamento básico e com precariedade deste serviço pode provocar impactos na saúde pública direta ou indiretamente, por meio da poluição e contaminação do solo e dos corpos hídricos, podendo causar agravos na saúde. Diante do exposto, justifica-se a necessidade do presente estudo em função da possibilidade de exposição da comunidade rural do Cinturão Verde a agentes patogênicos na água e no solo pela proximidade ao Aterro da Ribeira.

Este trabalho tem como objetivo a avaliação da qualidade sanitária do solo peridomiciliar e da água de poços tubulares da comunidade rural “Cinturão verde” de São Luís – MA.

Os resultados obtidos nesse estudo poderão ser utilizados para propiciar informações essenciais à padronização de técnicas e gerar indicadores que forneçam subsídio às agências ambientais estaduais e municipais do Maranhão e do Brasil em relação à saúde ambiental do ecossistema local e de um modelo de monitoramento ambiental de áreas com uso de praticas agrícola e de criação de animais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Saneamento Básico e a Saúde Pública

A atividade humana, ao modificar o meio ambiente, é consumidora dos estoques naturais, que em bases insustentáveis, tem como consequência a degradação dos sistemas físico-biológico e social. Segundo Forattini (2004) é possível empregar o enfoque da ecologia da doença considerando o encadeamento de determinantes, de natureza física, química, biológica e social, como propiciatório das condições necessárias para a ocorrência da doença e do baixo nível de qualidade de vida.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) define saúde pública como a ciência e a arte de promover, proteger e recuperar a saúde, por meio de medidas de alcance coletivo e de motivação da população (PHILIPPI Jr., 2005).

A partir da Conferência de Ottawa, em 1986, o conceito de Promoção da Saúde proposto pela Organização Mundial de Saúde (OMS), é visto como o princípio orientador das ações de saúde em todo o mundo. Assim sendo, parte-se do pressuposto de que um dos mais importantes fatores determinantes da saúde são as condições ambientais (BRASIL, 2006a).

A utilização do saneamento como instrumento de promoção da saúde pressupõe a superação dos entraves tecnológicos, políticos e gerenciais que têm dificultado a extensão dos benefícios aos residentes em áreas rurais, municípios e localidades de pequeno porte. A maioria dos problemas sanitários que afetam a população mundial está intrinsecamente relacionada com o meio ambiente (GUIMARÃES; CARVALHO; SILVA, 2007).

O saneamento é o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre o bem estar físico, mental e social (OMS, 2013). De outra forma, pode-se dizer que saneamento caracteriza o conjunto de ações sócio-econômicas que tem por objetivo alcançar salubridade ambiental.

O saneamento básico é um importante indicador da qualidade ambiental, qualidade de vida e da saúde da população de áreas urbanas e rurais, especialmente no Brasil e segundo os dados da Organização Mundial de Saúde (OMS), existe cerca de 1,1 bilhões de pessoas sem acesso a água potável e 2,4 bilhões de pessoas sem acesso a serviços de saneamento básico (OMS, 2013).

No Brasil, cerca de 29,9 milhões de pessoas residem em localidades rurais, em aproximadamente 8,1 milhões de domicílios de acordo com Censo Demográfico realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (IBGE, 2010).

Saneamento é o conjunto de medidas que visa preservar ou modificar as condições do meio ambiente com a finalidade de prevenir doenças e promover a saúde, melhorar a qualidade de vida da população e à produtividade do indivíduo e facilitar a atividade econômica. No Brasil, o saneamento básico é um direito assegurado pela Constituição e definido pela Lei nº. 11.445/2007 como o conjunto dos serviços, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, drenagem urbana, manejo de resíduos sólidos e de águas pluviais. Um dos princípios da Lei nº. 11.445/2007 é a universalização dos serviços de saneamento básico, para que todos tenham acesso ao abastecimento de água de qualidade e em quantidade suficientes às suas necessidades, à coleta e tratamento adequado do esgoto e do lixo e ao manejo correto das águas das chuvas.

Entre seus objetivos está o “[...] saneamento do meio ambiente, o controle de infecções na comunidade, a organização de serviços médicos e paramédicos, o diagnóstico precoce e o tratamento preventivo de doenças” (PHILIPPI Jr, 2005, p. 811), sendo o saneamento básico seu instrumento mais conhecido.

Conforme descrito por Borja et al. (2000), alguns estudos visam compreender melhor a associação existente entre saúde pública e a qualidade do meio ambiente, bem como a incentivar estratégias de políticas integradas para estes setores. Isso tem sido uma preocupação de entidades em todo mundo, inclusive da Organização Mundial da Saúde (OMS).

Atualmente, na zona rural no Brasil, além da rede coletora, existem também o uso de fossa séptica, ligada ou não à rede de esgoto, as fossas rudimentares, entre outros (IBGE, 2011). O mais comum é a fossa rudimentar (que serve 48% da população rural do país), a qual, juntamente com outros métodos e com a não coleta/tratamento, corresponde ao percentual da população rural não assistida com coleta adequada do esgoto. São assim incluídas porque as fossas rudimentares não funcionam como forma de evitar a contaminação das águas superficiais e subterrâneas.

As diferenças nas condições da coleta de esgoto na área rural são ressaltadas quando observamos as diferentes regiões do país. Em 2009, enquanto nas regiões sul e sudeste 48 e 34% da população rural, respectivamente, teve acesso à rede coletora de esgoto, as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste apresentaram, respectivamente, 24, 16 e 9% do esgoto coletado (IBGE, 2011).

Com base nas determinações do Decreto Presidencial nº 7.217, de 21 de junho de 2010, que regulamenta a Lei nº 11.445/2007, conta-se que, além da fiscalização e regulação

da prestação de serviços, 90% dos municípios brasileiros passem a dispor de Planos de Saneamento Básico, elaborados e devidamente aprovados, e com instâncias de controle social até 2033. Para tanto serão necessários esforços articulados entre os três níveis de governo federal, estadual e municipal por meio de um conjunto de iniciativas de apoio e indução, como uma campanha nacional, de forma a sensibilizar e suprir a demanda técnica e financeira para a elaboração dos planos.

Dentre as metas propostas, os índices relativamente baixos esperados na área rural, com exceção das regiões Sudeste e Sul. As Figuras 1 e 2 sintetizam essa situação no País, projetando para as áreas urbana e rural, respectivamente, as metas para a cobertura pelos serviços de água e esgotos e para o atendimento da coleta dos resíduos domiciliares em 2018, 2023 e 2033.

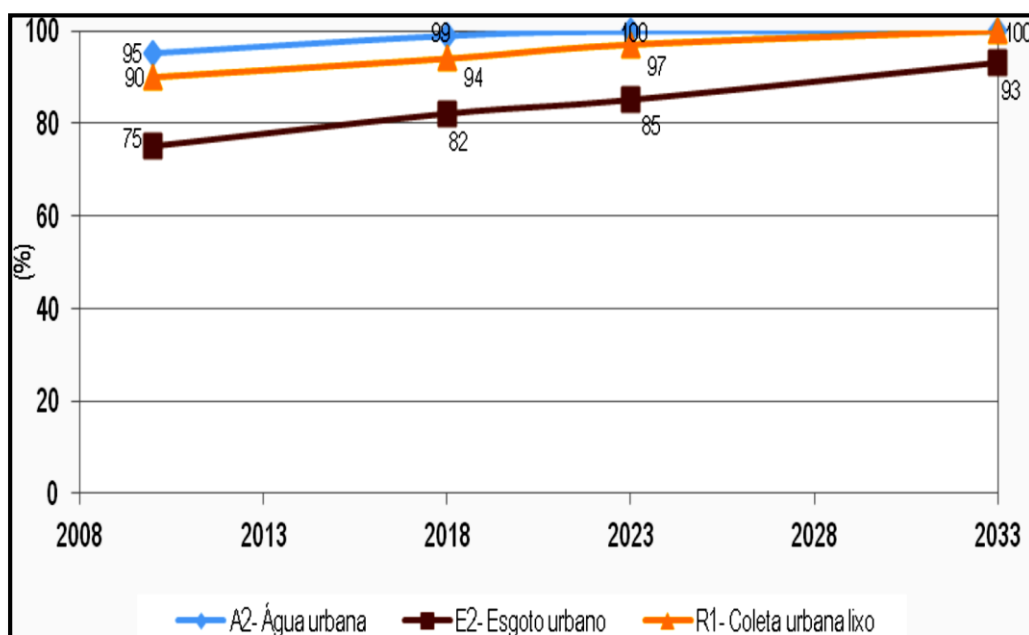


Figura 1 - Principais metas para a área urbana do Brasil em 2018, 2023 e 2033
Fonte: Brasil (2010).

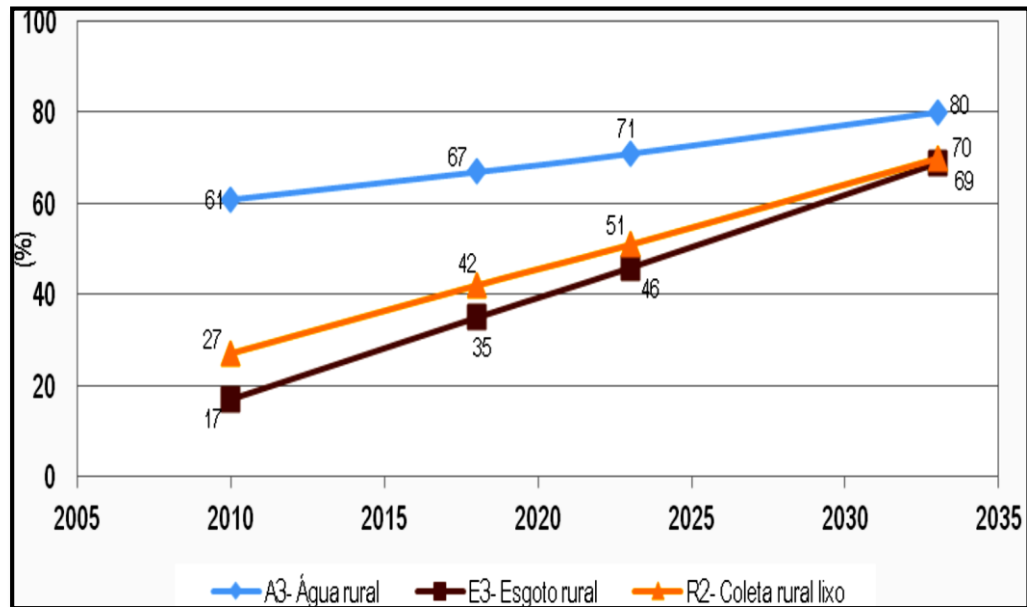


Figura 2 - Principais metas para a área rural do Brasil em 2018, 2023 e 2033.
Fonte: Brasil (2010).

Essas desigualdades na prestação de serviços de saneamento básico, como podem ser observadas na comparação entre as Figuras 1 e 2, justificam e reforçam a previsão, no PLANSAB, de um Programa de Saneamento Rural que contemple as especificidades de toda a população da área rural no País.

2.2 Solo

2.2.1 Conceitos fundamentais do solo

Considerando a evolução histórica do conceito de solo e sua importância dentro das ciências que utilizam, tem sido empregado um conceito mais abrangente definido por Beck et al. (2000).

Solo é um corpo natural da superfície terrestre, constituído por materiais minerais e orgânicos, resultante das interações dos fatores de formação (clima, organismos vivos, material de origem e relevo) através do tempo, contendo matéria viva e, em parte, modificado pela ação humana, capaz de sustentar plantas, reter água, armazenar e transformar resíduos e suportar edificações. (BECK et al., 2000, p.36)

O solo é um meio complexo e heterogêneo, produto da alteração do remanejamento e da organização do material original (rocha, sedimentos ou outros solos), sob a ação da vida, da atmosfera e das trocas de energia que aí se manifestam. É constituído por quantidades variáveis de minerais, matéria orgânica, água, ar e organismos vivos, incluindo plantas,

bactérias, fungos, protozoários, invertebrados e outros animais. As propriedades físicas do solo - textura, estrutura, densidade, porosidade, permeabilidade - são responsáveis pelos mecanismos de atenuação física de poluentes, como filtração e lixiviação, possibilitando ainda condições para que os processos de atenuação química e biológica possam ocorrer (CETESB, 2015).

Não é simples definir o solo. Isto se prende ao fato de ser ele um material complexo, multifuncional e cujos conceitos variam em função da sua utilização (TEIXEIRA et al., 2009).

A palavra solo originária do latim *solum*, literalmente, quer dizer parte plana e inferior de um todo ou onde se pisa com os pés, seu significado original, ou seja, o que é mais usado é chão ou solo em que se pisa. Um segundo significado é aquele utilizado pelos geólogos, o de rocha decomposta ou sedimento à superfície da Terra. O solo é uma massa natural inconsolidada que compõe a superfície da Terra, resultante da ação climática sobre as rochas, sendo influenciada pelo tipo de relevo e origem das rochas. A Comunidade Comum Européia define solo como o principal suporte para a vida e o bem estar, se constituindo em recurso natural vital e limitado, embora facilmente destrutível (CASTRO NETO et al., 1999).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1995) o define como corpo tridimensional formado a camada mais superior da crosta terrestre, ou dos materiais que lhe deram origem como resultado das interações entre o clima, o material orgânico, os organismos vivos e o homem.

O acompanhamento da qualidade do solo permite um melhor planejamento para a execução das práticas de manejo e conservação do solo e da água, o que contribui para a melhoria da qualidade física e ambiental. A qualidade física do solo refere-se à capacidade que o mesmo apresenta em sustentar o desenvolvimento das plantas sem que ocorra a sua degradação (LLANILLO; GUIMARÃES; TAVARES FILHO, 2013).

Portanto cabe ressaltar que até pouco tempo, sua utilização agrícola é que definia o desenvolvimento científico da Pedologia ou ciência do solo. Nos dias atuais, apesar de sua utilização agrícola ainda ser relevante, sua função ambiental ganha um maior destaque, pois o solo, pelos seus atributos físicos, químicos e físico-químicos, constitui um grande filtro biológico, de muita utilidade para a depuração de resíduos, sejam eles agrícolas industriais ou urbanos e, ainda, é fundamental no controle dos ciclos de determinados elementos, como carbono, nitrogênio, enxofre, dentre outros. Contudo, há uma definição que se adapta aos propósitos das ciências da Terra e que considera o solo como o produto do intemperismo, do remanejamento e da organização das camadas superiores do regolito, sob ação da atmosfera,

da hidrosfera, da biosfera e das trocas de energia envolvidas, explica (TEIXEIRA et al., 2009).

2.2.2 Composição do solo e granulometria

O solo é constituído por três fases físico-químicas: sólida, líquida e gasosa, cujas proporções relativas variam, dependendo das condições climáticas, da presença de plantas e do manejo (LEPSCH, 2002). A fase sólida do solo pode ser classificada quanto à sua natureza mineral ou orgânica. Na maioria dos solos, as partículas minerais provenientes das rochas ou da transformação dos minerais da rocha predominam sobre as partículas orgânicas resultantes da decomposição de resíduos vegetais e animais. As partículas sólidas de formas variadas, as quais são classificadas de acordo com o seu diâmetro em frações granulométricas.

Tabela 1 - Frações granulométricas do solo

Fração	Diâmetro médio (mm)
Areia muito grossa	2,000 a 1,000
Areia grossa	1,000 a 0,500
Areia média	0,500 a 0,250
Areia fina	0,250 a 0,100
Areia muito fina	0,100 a 0,025
Silte	0,025 a 0,002
Argila	< 0,002

Fonte: Soil (1951).

Segundo Lepsch (2002), quando se separam os constituintes minerais unitários dos pequenos torrões, verifica-se que o solo é constituído de um conjunto de partículas individuais que estão em condições naturais, ligadas umas às outras. Essas têm tamanhos bastante variados: algumas são suficientemente grandes para observação a olho nu, outras podem ser vistas com o auxílio de lentes de bolso ou microscópio comum, enquanto as restantes podem ser observadas com o auxílio de microscópio eletrônico.

A proporção em que ocorrem essas frações granulométricas na fase sólida do solo determina a textura do solo, podendo constituir em uma das treze classes texturais adotadas pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Figura 3).

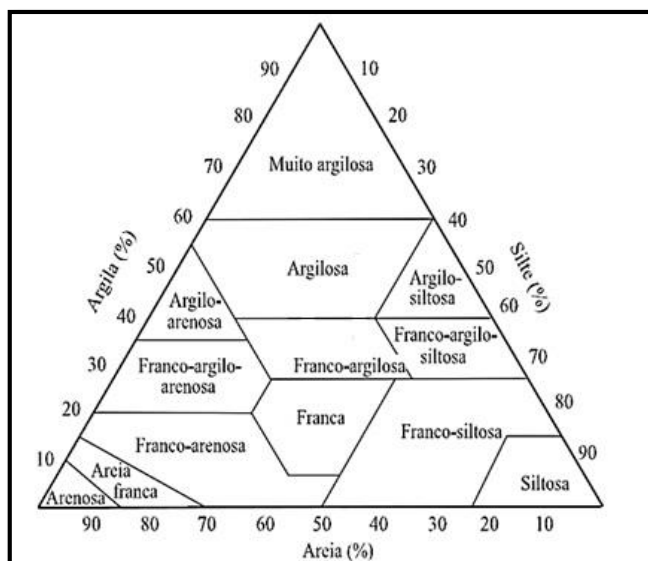


Figura 3 - Triângulo para determinação das classes texturais de solo, em função das porcentagens de areia, silte e argila e valores limites entre as frações granulométricas.

Fonte: EMBRAPA (1979).

Tabela 2 – Valores limites entre as frações granulométricas

Nome	Limites
Areia grossa	2,0 – 0,2 mm
Areia fina	0,2 – 0,05 mm
Silte	0,05 – 0,002 mm
Argila	< 0,002 mm

Fonte: IBGE (2007).

De acordo com EMBRAPA (2003), a textura do solo corresponde à proporção relativa em que se encontram os diferentes tamanhos de partículas, em determinada massa de solo. Refere-se, especificamente, às proporções relativas das partículas ou frações de areia, silte e argila na terra fina seca ao ar (TFSA). Consiste na propriedade física do solo que menos sofre alteração ao longo do tempo. Possui grande relevância na irrigação, pois tem influência direta na taxa de infiltração de água, na aeração, na capacidade de retenção de água, na nutrição de plantas, como também na aderência ou força de coesão nas partículas do solo. Os teores de areia, silte e argila no solo influem diretamente no ponto de aderência aos implementos de preparo do solo e plantio, facilitando ou dificultando o trabalho das máquinas.

A granulometria do solo é um dos atributos mais estáveis, sendo modificada levemente pelo cultivo e pelas práticas que ocasionam a mistura de diferentes profundidades. Contudo, é uma propriedade que tem estreita relação com a retenção e o transporte de água, a

estrutura do solo, a retenção de nutrientes e de matéria orgânica, além de influenciar fortemente os processos erosivos do solo (BARROS et al., 2009).

A fase líquida do solo é constituída por água acrescida de minerais e compostos orgânicos dissolvidos, formando a solução do solo (porção aquosa do solo presa em poros na qual reações químicas ocorrem). Essa fase caracteriza a umidade do solo e é representada pela solução do solo, a qual contém íons dissolvidos, como H_2PO_4^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , Na^+ , K^+ , Cl^- , Ca^{2+} , H^+ , NH_4^+ e outros. A fase líquida tem grande importância na nutrição vegetal e na sua relação com o ambiente, pois a água é um componente dinâmico e sensível às trocas ambientais, funcionando como solvente e agente de transporte para outros elementos dentro do solo (LEPSCH, 2002).

A fase gasosa do solo caracteriza a porosidade de aeração deste e contém gases como oxigênio (O_2), gás carbônico (CO_2), nitrogênio (N_2), amônia (NH_3), vapor de água e outros. Os solos diferem muito em porosidade: solos argilosos apresentam maior porosidade do que os arenosos. O armazenamento, a disponibilidade e o transporte da solução e do ar dependem da porosidade do solo.

A perda da qualidade física do solo afeta diretamente o espaço poroso do solo, de forma a prejudicar o fornecimento de água e oxigênio, limitando o desenvolvimento das plantas (TORMENA; SILVA; LIBERDADE, 1998).

2.3 Características Físicas do Solo

As características físicas do solo, ditadas pela textura e estrutura, são condicionantes dos processos de atenuação química e biológica e, portanto, fatores primordiais nos aspectos relacionados à população e contaminação por resíduos de qualquer natureza (PAGANINI, 1997).

2.3.1 Umidade

A umidade é um dos fatores mais determinante na sobrevivência de bactérias e fungos no solo, regulando a atividade de várias maneiras: como componente do protoplasma celular, sendo por isso indispensável; modificando as trocas gasosas e dissolvendo e transportando diferentes nutrientes (ALEXANDER, 1977).

Solos úmidos e sujeitos a períodos de grande precipitação aumentam o tempo de sobrevivência das bactérias e de outros microrganismos, o que tem sido demonstrado para as

espécies bacterianas *Escherichia coli*, *Salmonella typhi* e *Mycobacterium avium* (GERBA; WALLIS; MELNICK, 1975).

A permanência de bactérias heterotróficas no ambiente depende da existência de condições favoráveis, entre elas destacam-se: matéria orgânica, umidade e temperatura. As maiores densidades bacterianas são encontradas em um ambiente específico rico em matéria orgânica (THOMASON; DODDE; CHERRY, 1977).

2.3.2 Densidade do solo (D_s)

A densidade do solo (Kg.m^{-3}) representa a relação entre a massa do solo seco em estufa (kg) e o seu respectivo volume total (m^3), ou seja, volume do solo incluindo os espaços ocupados pela água e pelo ar. Os solos agrícolas apresentam uma grande amplitude de densidade do solo de acordo com suas características mineralógicas, de textura e teor de matéria orgânica (VAN LIER, 2001).

A densidade do solo é a propriedade física mais estudada e monitorada, portanto tem sido empregada para avaliar o estado estrutural do solo, além do mais, é utilizada como indicador do estado da compactação do solo (FERREIRA; TAVARES FILHO; FERREIRA, 2010).

Nos solos minerais os valores de densidade do solo oscilam de 1,1 a 1,6 g cm^{-3} . A densidade do solo é um valor variável para um mesmo solo, alterando-se de acordo com a estrutura. O mau manejo de uma área pode provocar a compactação, alterando a estruturação e consequentemente aumentando a densidade do solo (KIEHL, 1979).

A densidade do solo inclui o espaço compreendido dentro dos agregados e entre os agregados, isto é, leva em consideração o espaço poroso do solo, refletindo bem as suas condições estruturais bem como a textura, que em grande parte sofre influência do manejo adotado (AMARO FILHO; ASSIS JUNIOR; MOTA, 2008).

2.3.3 Densidade de partículas (D_p)

Densidade das partículas é a relação entre a massa de uma amostra de solo e o volume que ocupam as partículas do solo, desconsiderando o volume dos poros (g.cm^{-3}).

Os resultados da densidade de partícula são, geralmente, expressos em gramas por centímetro cúbico, e variam, em média, entre os limites de 2,3 a 2,9 g cm^{-3} , tendo como valor médio de 2,65 g.cm^{-3} (KIEHL, 1979). Isto em decorrência das densidades dos

principais componentes minerais dos solos (quartzo, feldspatos e argilas silicatadas).

A densidade de partículas reflete as características do solo em relação ao seu peso e volume real. Esta característica é imutável; ambientes com maiores teores de matéria orgânica, em geral, apresentam menor densidade de partículas, por fatores físicos do solo, sendo este, um agregador do solo.

A determinação da densidade de partículas do solo (D_p) possui grande relevância como indicativo da composição mineralógica, cálculo da velocidade de sedimentação de partículas em líquidos e determinação indireta da porosidade (FORSYTHE, 1975).

2.3.4 Porosidade total

A porosidade pode ser definida como sendo o total de vazios do solo (KIEHL, 1979) de diferentes tamanhos e formas, determinados pelo arranjo das partículas sólidas, constituindo a fração volumétrica do solo ocupada com ar e solução (água e nutrientes) (MESQUITA; MORAES, 2004). A qualidade do sistema poroso do solo pode ser avaliada através do seu volume ou pela forma como os poros são distribuídos, além da capacidade que possuem de transmitir água ou gases (DORNER; HORN, 2009).

2.4 Características Químicas do Solo

2.4.1 pH

O pH do solo é muito importante na agricultura. O pH mede a atividade do íon hidrogênio (H^+) e é expresso em termos logarítmicos. O significado prático da relação logarítmica é que cada unidade de mudança de pH do solo significa uma mudança de 10 vezes no grau de acidez ou de alcalinidade (SANTOS; ZANELLO, 2008).

Existem no solo íons H^+ em vários “estados” que contribuem para acidez no solo: os H^+ livres na solução e há os íons adsorvidos à superfície das partículas coloidais. Há, também, os íons H^+ combinados e que podem dissociar-se, como alguns que fazem parte de compostos orgânicos e de monômeros e polímeros de alumínio. A acidez ativa é a acidez devida aos íons H^+ dissociados na solução do solo (SILVA et al., 1999).

A determinação do pH em cloreto de cálcio ($CaCl_2$) 0,01M é realizada para reduzir o efeito sazonal dos sais que interferem nas medidas do pH do solo, em razão do aumento de concentração eletrolítica, o que proporciona uma redução no seu valor, atribuindo o

deslocamento de H^+ e Al^{+3} das partículas do solo (CAMARGOS, 2005).

Os resultados obtidos de pH em solução de $CaCl_2$ são poucos influenciados pela presença de sais ou pelo revestimento dos eletrodos com óxidos de ferro e alumínio, variáveis com a época de amostragem do solo ou com o manuseio da amostra. O pH em água, principalmente da camada superficial, normalmente é maior do que o pH de $CaCl_2$ (0,3 a 1,2 unidades na escala de pH) (CAMARGOS, 2005).

Quanto maior o pH, maior será a saturação por bases no solo, e esta correlação é mais exata com pH em $CaCl_2$ do que com o pH em água, devido à menor variabilidade das leituras de pH em $CaCl_2$. As tabelas 3, 4 e 5 apresentam a classificação do solo em função do pH.

Tabela 3 - Classificação dos solos em função do pH

Classificação geral	pH
Extremamente ácido	3,5 – 4,4
Muito fortemente ácido	4,5 – 5,0
Fortemente ácido	5,1 – 5,5
Moderadamente ácido	5,6 – 6,0
Levemente ácido	6,1 – 6,5
Neutro	6,6 – 7,3
Levemente alcalino	7,4 – 7,8
Moderadamente alcalino	7,9 – 8,4
Fortemente alcalino	8,5 – 9,0

Fonte: Dicionário (2013).

Tabela 4 - Classes de reação do solo

Classificação geral	pH
Extremamente ácido	<4,0
Fortemente ácido	4,3 – 5,3
Moderadamente ácido	5,4 – 6,5
Praticamente neutro	6,6 – 7,3
Moderadamente alcalino	7,4 – 8,3
Fortemente alcalino	>8,3

Fonte: IBGE (2007).

Tabela 5 – Valores do pH do solo determinados em água e em solução de CaCl_2 (0,01M) e classificado de acidez do solo adaptado do Boletim Técnico 100 (1997) – IAC Campinas.

pH em água	pH CaCl_2	Acidez do solo
Até 4,9	Até 4,3	Muito alta
5,0 – 5,6	4,4 – 5,0	Alta
5,7 – 6,1	5,1 – 5,5	Média
6,1 – 6,6	5,6 – 6,0	Baixa
>6,6	>6,0	Muito baixa

Fonte: ITOGRASS (2012)

2.4.2 Matéria orgânica no solo

Portanto Dazzo, Smith e Hubbel (1973), ressaltam que o aumento da matéria orgânica favorece a sobrevivência de coliformes no solo, em função da sua capacidade de retenção da umidade. Em solos com alta densidade orgânica as condições anaeróbias podem aumentar a sobrevivência da espécie bacteriana *Escherichia coli* (TATE, 1978).

A matéria orgânica é importante para a retenção de água, formação e estabilização dos agregados do solo e para formação de micro - habitats, esses fatores são relevantes na sobrevivência dos microrganismos no solo (STOTZKY, 1989).

O carbono orgânico no solo é constituído por microrganismos, húmus estabilizado, resíduos vegetais e animais em vários estágios de decomposição e carbono inerte (carvão vegetal e/ ou mineral). O teor de carbono no solo varia de algumas frações de % em areias, até 40-50% em tufeiras. Solos agrícolas contêm em geral desde menos que 0,2 a 5,0% de carbono (PINTO, 2012).

Segundo Ronquim (2010), a matéria orgânica do solo é toda substância morta no solo que provenha de resíduos animais e vegetal em diversos estágios de decomposição. Representa importante papel no solo, melhorando suas condições físicas e químicas e adicionando-lhe importantes propriedades físico-químicas, como por exemplo, a capacidade de troca de cátions.

Um solo rico em matéria orgânica apresenta altos valores de CTC total, mas, sendo ácido, poderá apresentar baixos valores de CTC efetiva. A CTC efetiva é aquela ocupada por cátions efetivamente trocáveis, como cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), potássio (K^+) e alumínio (Al^{3+}) e CTC bloqueada, ocupada pelo H^+ não trocável. Se houver condições favoráveis à sobrevivência de bactérias e fungos, formam-se ácidos húmicos. Esses ácidos

têm um importante papel na formação de grumos e macroporos responsáveis por tornar a terra fofa e facilitar a entrada de ar e água no solo (RONQUIM, 2010).

2.4.3 Alumínio trocável no solo

Solos ácidos, com alto teor de alumínio, são comuns em várias partes do mundo, de fato, a toxicidade de alumínio, limita a produção muito mais que qualquer outro estresse abiótico, exceto a seca. Os solos brasileiros, em sua maioria, são velhos e intemperizados, apresentando acidez e elevados teores de alumínio, o que traz sérios problemas para o desenvolvimento do sistema radicular das plantas, as quais limitam o aproveitamento da água e nutrientes adicionados ao solo por meio dos fertilizantes.

Para uma agricultura tecnificada, com alta produtividade, é inaceitável a presença de alumínio trocável no solo. Todo esforço deve ser aplicado para que os valores dessa determinação sejam zero. Por outro lado, apenas o teor de Al trocável nem sempre é suficiente para caracterizar sua toxidez para as plantas, pois esta depende também da proporção que o alumínio ocupa na capacidade da troca de cátions.

O alumínio é considerado como o principal efeito pernicioso da acidez para solos agrícolas, pois uma concentração de alumínio trocável maior que $0,5 \text{ cmol}_c\text{Kg}^{-1}$ de solo começa a causar danos a muitas culturas. Esta concentração pode surgir a partir do pH em água inferior 5,5 aumentando à medida que o pH vai abaixando. O alumínio impede o crescimento das raízes e atrapalha absorção de fósforo e magnésio pela planta. Muitas vezes, os sintomas de toxidez de Al^{3+} são observados na parte aérea da planta que indicam carência de fósforo ou magnésio (PÉREZ, 2011).

Tabela 6 - Classificação genérica para os teores de Al trocável.

Unidade	Baixo	Médio	Alto
$\text{cmol}_c/\text{dm}^3$	<0,5	0,5-1,5	>1,5

Fonte: Adaptado de Tomé Jr., (1997).

2.4.4 Condutividade elétrica do extrato aquoso de solo

A salinidade de um solo, tanto natural como ocasionada por sais solúveis adicionados, por exemplo, via água de irrigação, pode ser medida pela condutividade elétrica do seu extrato. A condutividade é aproximadamente proporcional à quantidade de sais solúveis ou

íons em solução. O método para preparar o extrato, ou seja, a proporção de água: solo depende do propósito da determinação e precisão necessária. Para estabelecer relações com o crescimento da planta, a proporção deve ser a mais próxima das condições de campo, como o chamado extrato da pasta de saturação do solo. (UNITED STATES 1954 apud CAMARGO et al., 2009).

Para casos em que se queira ter ideia de salinidade do solo, pode-se usar, como aqui, uma proporção água solo de 1:1. (CAMARGO et al., 2009).

2.5 Características Biológicas do Solo

As bactérias, fungos, protozoários, anelídeos entre outros microrganismos compõem a parte orgânica e viva do solo. As bactérias possuem valores ideais de pH para sua multiplicação. O pH neutro (em torno de 6,5 e 7,5) é o mais favorável para a maioria dos microrganismos. As bactérias patogênicas para sobreviverem no solo tendem a ser mais exigentes em termos de pH do que os mofo e as leveduras. A bactéria *E. coli* tem sua multiplicação ótima quando está em meio com pH entre 6,0 a 8,0, mas pode aguentar até 9,0 a 10. (FRANCO; LANDGRAF, 2008; JAY, 2005).

A bactéria *E. coli* é classificada como mesofílico, pois cresce em temperaturas moderadas em torno de 25 °C a 40°C. A temperatura ótima de crescimento dessas bactérias fica em torno de 37°C. Temperaturas muito altas causam destruição de suas células, e temperaturas muito baixas cessam sua multiplicação (TORTORA; FUNKE; CASE, 2008).

Extremos de acidez e alcalinidade ($6,0 < \text{pH} < 8,0$) tendem a ser desfavoráveis para a maioria das bactérias do solo, enquanto que solos neutros geralmente auxiliam no crescimento e sobrevivência de bactérias entéricas (ESTRADA et al., 2004).

O pH ideal para biodegradação de material no solo pelos microrganismos é próximo da neutralidade (6 a 8). Para maioria das espécies, o pH ótimo é ligeiramente alcalino, ou seja, maior que 7. Para as bactérias, em pH menor que 5, atividade microbiana, diminui significativamente. Para os fungos, condições ligeiramente ácidas favorecem sua atividade estando o pH entre 5 - 6 (OGA et al., 2008).

Alguns parasitos passam parte do seu ciclo de desenvolvimento no solo, como no caso do *Ascaris sp.* Rey (2008), portanto a ocorrência de geo-helminthos em solos contaminados por dejetos de animais constitui um problema de saúde pública devido à possibilidade de transmissão de parasitoses como ascaríase, teníase, ancilostomíase e, em especial, doenças como a larva migrans visceral e a larva migrans cutânea que, devido à peculiaridade do ciclo

biológico de seus agentes etiológicos e agregadas à proximidade existente entre seres humanos e animais de estimação, se tornam agentes de doenças relativamente importantes, sob a ótica epidemiológica. Essas parasitoses podem ainda afetar o equilíbrio nutricional das crianças e gerar complicações como: obstrução intestinal, prolapso retal, distúrbios neurológicos e depauperamento físico e mental (ARAÚJO; RODIGUES; CURY, 2008).

Alguns estudos foram realizados no Brasil e no mundo com o intuito de diagnosticar a contaminação do solo por helmintos com potencial zoonótico. Dentre os vários helmintos encontrados destacam-se o *Ascaris lumbricoides*, *Ancylostoma braziliense*; *Toxocara canis* e *Trichuris spp* por serem os mais frequentes, encontrados tanto diretamente nas fezes dos hospedeiros, como também em areias ou terras examinadas (MORO et al., 2008; SILVA, 2009; KEISER; UTZINGER, 2008; SOTERO-MARTINS et al., 2013).

2.6 Normativas Relacionadas com a Qualidade Sanitária do Solo

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) recomendou aos órgãos ambientais a avaliação da qualidade parasitológica e microbiológica da areia para futuras padronizações por meio da Resolução nº 274/2000 no oitavo artigo, que classifica as águas em doces, salobras e salinas destinadas à balneabilidade. A Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMAC) do Rio de Janeiro foi à pioneira e editou a Resolução nº 081/2000. Contudo, na época tinha caráter provisório de dois anos e tratava apenas das condições bacteriológicas, não estabelecendo a análise para fungos e parasitas. Em 2010, essa secretaria estadual editou uma nova resolução, a nº. 468, aumentando os valores permitidos para os níveis de EC. Entretanto até hoje não temos esses parâmetros biológicos padronizados como uma norma nacional (SOTERO-MARTINS et al., 2013).

Na cidade de São Luiz, do Maranhão não há padrões estabelecidos para análise da qualidade sanitária do solo. Contudo, a cidade do Rio de Janeiro, através da Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMAC) editou a Resolução N° 468/2010, que trata dessa matéria. Nesta resolução estão estabelecidos os limites máximos para classificação das areias para utilização como recreação de contato primário, não recomendando o contato com areias nas quais tenham sido determinadas concentrações superiores a 3800 NMP *Escherichia coli* por 100 g (Tabela 6). A escolha desse valor foi baseada nos resultados das análises realizadas na areia de uma praia considerada limpa e sem influência de urbanização. A tabela 7 apresenta os padrões estabelecidos na Resolução SMAC expressos em UFC/g de areia.

Tabela 7 - Classificação de colimetria da areia estabelecido pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMAC 468/2010)

Classificação	Coliformes totais	<i>E. Coli</i>
Excelente	0 a 10.000	0 a 40
Muito Boa	> 10.000 a 20.000	41 a 400
Satisfatória	> 20.000 a 30.000	401 a 3.800
Imprópria	> 30.000	>3.800

NMP/100g areia

Fonte: Resolução SMAC modificada baseada nos dados do trabalho de Gronewold e Wolpert (2008).

Tabela 8 - Padrões colimétricos para areia estabelecido pela Resolução N° 468/2010, da SMAC, dados expressos em UFC/g.

Classificação	Coliformes totais	<i>E. coli</i>
Ótima	0 a 46,14	0 a 0,18
Boa	46,15 a 92,29	0,19 a 1,85
Regular	92,30 a 138,44	1,86 a 17,54
Não recomendada	> 138,44	> 17,54

UFC/g de areia

Resolução N° 468/2010 modificada considerando os dados do trabalho de Gronewold e Wolpert (2008). Relação estatística entre NMP e UFC: dados da Tabela 7 são 2,167 x maior que os da Tabela 8.

2.7 Água de Abastecimento Público

A água é um recurso natural imprescindível às diversas atividades do homem e indispensável para sua própria sobrevivência. A água necessária para suprir todas as exigências do mundo moderno provém de mananciais de superfície ou subterrâneos (SILVA; SALGUEIRO, 2001).

Para que a água seja considerada potável, após o tratamento convencional, os parâmetros físico-químicos e microbiológicos deverão estar de acordo com a Portaria 2914/2011 que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2011).

No Brasil, de uma forma geral, a qualidade da água representa possivelmente o principal problema ambiental. Dentro do conceito mais amplo de gestão da qualidade de água, o saneamento representa o setor que mais claramente está vinculado à agenda ambiental, sendo certamente o principal em termos de impactos sociais e ambientais (LIMA, 2006).

No meio rural é quase inexistente o tratamento da água, e que além dos fatores antrópicos, as condições de captação e armazenamento precários são responsáveis pela contaminação e consequentemente à veiculação de doenças (CASALI, 2008).

No Brasil, estima-se o potencial de exploração em 111 trilhões e 661 milhões de metros cúbicos de água subterrânea, que é considerada a maior reserva de água doce do planeta. O Nordeste possui cerca de 18 trilhões de metros cúbicos de água, o que corresponde cerca de mil vezes o volume de água da Baía da Guanabara. A utilização de águas subterrânea como alternativa para suprir as populações, é considerada como a saída importante, pois a qualidade dessas águas levará na maioria dos casos, à sua utilização sem nenhum tratamento, pois esses aquíferos, ao contrário de rios e lagos, estão protegidos por centenas de metros de rochas (ABAS, 2000; GRECCO, 1998).

A pesquisa com os indicadores de qualidade de água (coliformes totais e termotolerantes) denota as condições sanitárias precárias locais, fato identificado nas observações participativas e entrevistas realizadas na pesquisa de campo. Deixa claro que a falta de saneamento básico juntamente com má conservação ambiental são fatores determinantes na contaminação dos recursos hídricos (BRASIL, 2004).

O teor de cloro ativo que permanece após a desinfecção (cloração) da água, permite sua a qualidade microbiológica, ou seja, se está em condições de consumo. Para águas potáveis, segundo o Art. 34 da Portaria N° 2.914 do Ministério da Saúde, é obrigatória a manutenção de, no mínimo $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$ de cloro residual livre ou 2 mg.L^{-1} de cloro residual combinado ou de $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$ de dióxido de cloro em toda extensão do sistema de distribuição, reservatório ou rede (BRASIL, 2011).

Os coliformes formam um grupo de bactérias indicadoras de contaminação da água, uma vez que normalmente estão presentes em grandes quantidades no trato intestinal de seres humanos e outros animais. Assim, sua presença na água indica contaminação fecal recente (MADIGAN et al., 2010).

A presença de coliformes na água indica poluição com risco potencial de presença de organismos patogênicos, uma vez que são mais resistentes na água que as bactérias patogênicas de origem intestinal (APHA, 1998).

2.7.1 Características físicas da água

As características físicas da água, normalmente são de fácil determinação, sendo as principais: cor, turbidez, odor, sabor, temperatura e condutividade elétrica. São parâmetros

importantes na determinação da utilização da água, principalmente na verificação de potabilidade da mesma (LARSEN, 2010).

2.7.1.1 Temperatura

É uma medida da intensidade de calor, sendo originada de forma natural pela transferência de calor entre o solo e o ar (convecção e condução) ou pela radiação solar diretamente. Águas subterrâneas captadas a grandes profundidades frequentemente apresentam temperaturas em torno de 25°C (ANA, 2011).

É um parâmetro fundamental para os sistemas aquáticos terrestres, já que os organismos possuem diferentes reações às mudanças deste fator. Altas temperaturas, tanto na água como no ar, provocam reações adversas nos indivíduos, tais como a desnaturação das proteínas. Além disso, ela afeta a taxa das reações químicas e biológicas assim como a solubilidade dos gases (O₂ e H₂S) (LIBÂNEO, 2005).

A temperatura tem influencia nos processos biológicos, reações químicas e bioquímicas que ocorrem na água e em outros processos, como a solubilidade dos gases dissolvidos e sais minerais. Com o aumento da temperatura, a solubilidade dos gases diminui e a dos sais minerais aumenta, influencia ainda, o crescimento microbiológico, pois possui uma faixa ideal de temperatura (BRANCO, 1991). A Tabela 9 mostra a classificação dos microrganismos em função das temperaturas de crescimento.

Tabela 9 - Classificação dos microrganismos em função das temperaturas de crescimento.

Grupo	Mínima	Ótima	Máxima
Termófilos	40-45	55-75	60-90
Mesófilos	5-15	30-45	35-47
Psicrófilos	-5 a +5	12-15	15-20
Psicrotróficos	-5 a +5	25-30	30-35

Fonte: ICMSF (1980)

As águas subterrâneas possuem uma amplitude térmica pequena, isto é, sua temperatura não é influenciada pelas mudanças da temperatura atmosférica. Exceções são os aquíferos freáticos pouco profundos, como o Serra Geral. Em profundidades maiores a temperatura da água é influenciada pelo grau geotérmico local (em média 1°C a cada 30 m). No aquífero Botucatu (Guarani) são comuns temperaturas de 40 a 50°C em suas partes mais profundas. Em regiões vulcânicas ou de falhamentos profundos águas aquecidas podem

aflorar na superfície dando origem às fontes termais. A temperatura da água é um fator importante de análise (THOMAZ; ROBERTO; BINI, 1997), pois é influenciada por diversos fatores ambientais.

2.7.1.2 Cor

O termo “cor” é usado para representar a cor verdadeira, que é a cor da água quando a turbidez é removida. O termo “cor aparente” inclui não somente as substâncias dissolvidas, mas também aquela que envolve a matéria orgânica suspensa. A cor é medida em uH, unidade de Hanzen – platina/cobalto e cor aparente em unidade nefelométrica de turbidez (NTU) (APHA, 1998).

A cor da água é o resultado principalmente dos processos de decomposição que ocorrem no meio ambiente. Por esse motivo, as águas superficiais estão sujeitas a ter cor com mais frequência do que as águas subterrâneas. Além disso, pode-se ter cor devido à presença de alguns íons metálicos como ferro e manganês, plâncton, macrófitas e despejos industriais (BRANCO, 1991).

O termo cor é utilizado para representar a cor verdadeira, que é a cor da água quando a turbidez for removida. O termo cor aparente inclui não somente as substâncias dissolvidas, mas também aquela que envolve a matéria orgânica suspensa (MACEDO, 2005).

Assim, a cor é um parâmetro de aspecto estético de aceitação ou rejeição do produto, de acordo com a Portaria 518/04 do Ministério da Saúde. O valor máximo permissível de cor na água distribuída é de 15,0 uH (BRASIL, 2004).

A cor dita verdadeira ou real é causada por material dissolvido e colóide. As substâncias que mais frequentemente adicionam cor às águas naturais são os ácidos húmicos (BRANCO, 1991). As águas superficiais podem parecer ter cor devida o material em suspensão. Esta coloração é dita “aparente” devido à reflexão e dispersão da luz nas partículas em suspensão, responsáveis pela turbidez.

2.7.1.3 Turbidez

Turbidez é a medida da dificuldade de um feixe de luz atravessar certa quantidade de água. É causada por matérias sólidas em suspensão (silte, argila, colóides, matéria orgânica, etc.). Em alguns casos, águas ricas em íons Fe podem apresentar uma elevação de sua turbidez quando entram em contato com o oxigênio do ar (PEDROSA; CAETANO, 2002).

Alta turbidez reduz a fotossíntese de vegetação enraizada submersa e algas. Esse desenvolvimento reduzido de plantas pode, por sua vez, suprimir a produtividade de peixes. Logo, a turbidez pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas. Além disso, afeta adversamente os usos doméstico, industrial e recreacional de uma água (CETESB, 2010).

Segundo a Portaria N° 2.914 do Ministério da Saúde, o valor máximo de turbidez para água de abastecimento público é de 5 UT (BRASIL, 2011).

A Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011 dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. No Art. 30 ressalta que para a garantia da qualidade microbiológica da água, em complementação às exigências relativas aos indicadores microbiológicos, deve ser observado o padrão de turbidez expresso na Tabela 10.

Tabela 10 - Padrão de turbidez para água pós-filtração ou pré-desinfecção.

Tratamento da água	VMP⁽¹⁾
Desinfecção (água subterrânea)	1,0 uT ⁽²⁾ em 95% das amostras
Filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta)	0,5 ⁽³⁾ uT ⁽²⁾ em 95% das amostras.
Filtração lenta	1,0 ⁽³⁾ uT ⁽²⁾ em 95% das amostras

Notas: (1) Valor máximo permitido (2) Unidade de turbidez (3) Este valor deve atender ao padrão de turbidez de acordo com o especificado no § 2º do art. 30.

Fonte: Brasil (2011).

2.7.1.4 Condutividade elétrica

A condutividade está relacionada à presença de íons dissolvidos na água. Na legislação nacional não há padrões deste parâmetro em corpos d'água, mas em geral níveis superiores a 100 $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ indicam ambientes impactados. Geralmente em corpos d'água que recebem efluentes a condutividade pode atingir 1000 $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ (LIBÂNEO, 2005).

A condutividade elétrica é a capacidade da água em conduzir a eletricidade, é definida como o recíproco da resistividade. Ela depende da concentração total de substâncias ionizadas dissolvidas (ânions e cátions) e pode variar de acordo com a temperatura. Quanto mais íons estão presentes na água, maior é a corrente e maior a condutividade, portanto é menor a resistividade (RICHTER, 2009).

A determinação da condutividade pode ser feita através do método eletrométrico, utilizando-se um condutímetro digital. A unidade de condutância no Sistema Internacional

de Unidades (S.I.), é reportada como Siemens por metro (S/m). Entretanto, em medições realizadas em amostras de água, utiliza-se preferencialmente o microsiemens por centímetro, $\mu\text{S cm}^{-1}$ (RICHTER, 2009).

A maior parte das substâncias dissolvidas na água se encontra na forma iônica e o parâmetro condutividade não determina, especificamente, quais os íons presentes em determinada amostra de água, mas pode contribuir para possíveis reconhecimentos de impactos ambientais que ocorram no corpo hídrico ocasionado geralmente por lançamentos de resíduos industriais, mineração, esgotos, entre outros (DEBERDT, 1997).

2.7.2 Características químicas da água

2.7.2.1 Alcalinidade total

É uma medida de capacidade da água neutralizar um ácido forte a um determinado pH. A alcalinidade é representada pela presença dos íons hidróxido, carbonato e bicarbonato (POHLING, 2009).

A importância do conhecimento das concentrações desta definição de dosagens de agentes flocculantes fornece informações sobre as características corrosivas ou incrustantes da água analisada. Os altos níveis de alcalinidade indicam a presença de efluentes industriais fortemente alcalinos, também em águas poluídas em estado anaeróbico, pode haver formação de sais de ácidos acéticos, ácido propiônico e sulfeto de hidrogênio (H_2S) que podem contribuir para alcalinidade (POHLING, 2009).

Os três tipos de alcalinidade são possíveis de serem encontrados em uma água natural, alcalinidade a hidróxido (OH^-), a carbonato (CO_3) e a bicarbonato (HCO_3^-). Somente dois tipos podem estar presentes simultaneamente numa mesma amostra, pois haveria uma reação entre hidróxidos e bicarbonatos, que levaria a forma de carbonatos, conforme a Tabela 11 (ANDRADE; MACEDO, 1994).

Tabela 11 - A relação entre pH e as diversas formas de alcalinidade

Faixa de pH	Alcalinidade
> 9,4	Hidróxidos e carbonatos
8,3 – 9,4	Carbonatos e bicarbonatos
4,4 – 8,4	Bicarbonatos

Fonte: Andrade e Macedo (1994).

A alcalinidade é normalmente encontrada nas águas sob a forma de carbonato e bicarbonato. O seu significado sanitário está vinculado à alcalinidade cáustica, causada por hidróxidos, ou seja, é indesejável e é raramente encontrada em águas naturais. Apenas dois tipos de alcalinidade podem estar presente simultaneamente numa mesma amostra, pois haveria uma reação entre hidróxidos e bicarbonatos, que levaria a forma de carbonatos (ANDRADE; MACEDO, 1994).

2.7.2.2 Cloretos

Os cloretos geralmente provêm da dissolução de minerais ou da intrusão de águas do mar. São encontradas em águas naturais em níveis baixos, altas concentrações além de conferir sabor salino e propriedades laxativas, caracterizam a presença de esgotos domésticos aumentando a corrosividade da água (MACEDO, 2007).

Considerado um dos maiores responsáveis pela salinidade de uma água, o íon cloreto (Cl^-) está presente em todas as águas naturais, com valores de concentração situados entre 10 e 250 mg.L^{-1} nas águas doces (ZOBY, 2008).

Um dos parâmetros hidroquímicos que podem indicar características do meio percolado, quando se conhece o tipo de material aquífero, é a concentração de íon cloreto (Cl^-) o qual está presente em praticamente todos os tipos de água. No entanto, esse íon também pode refletir problemas relacionados à poluição, por isso constitui um bom indicador de contaminação para fontes que, de maneira inadequada, recebem esgotos domésticos e para mananciais próximos a aterros sanitários e lixões (RONQUIM, 2010).

As águas subterrâneas apresentam geralmente teores de cloretos (Cl^-) inferiores a 100 mg.L^{-1} . Já nas águas dos mares são abundantes, com valores entre 18.000 e 21.000 mg.L^{-1} , podendo chegar a 220.000 mg.L^{-1} nas salmouras naturais. (FERNANDES et al., 2005).

Em se tratando de potabilidade, a Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde estabelece o valor máximo permitido (VMP) de 250 mg.L^{-1} para íon cloreto (Cl^-) como padrão de aceitação de consumo de uma água (BRASIL, 2011).

O íon cloreto (Cl^-) não é prejudicial aos seres humanos, mesmo em concentrações razoáveis. Porém, acima de 250 mg.L^{-1} confere um sabor salgado que é desagradável para consumo humano (ROCHA et al., 2006).

O cloreto é um dos principais ânions inorgânicos presentes na água e sua concentração é maior em água residual do que em água bruta, pois o cloreto de sódio (NaCl) é um sal comumente usado na dieta humana e passa inalterado no sistema digestivo (CLESCERI;

GRENBERG; EATON,1999).

O cloreto, em geral é muito solúvel e muito estável em água. A alta solubilidade e o lento movimento das águas no aquífero provocam aumentos gradativos e constantes nos teores de cloretos nas águas subterrâneas na direção do fluxo (FENZL, 1988; SANTOS, 2000).

2.7.2.3 Sólidos totais dissolvidos (TDS)

Os sólidos totais dissolvidos é a soma de todos os constituintes químicos na água. Mede a concentração das substâncias iônicas e é expressa em mg.L^{-1} . A principal aplicação da determinação do TDS é de qualidade estética da água potável e como um indicador agregado da presença de produtos químicos contaminantes. As fontes primárias de TDS em águas receptoras são agrícolas e residenciais, de lixiviados de contaminação do solo e de fontes pontuais de descarga de poluição das águas industriais ou estações de tratamento de esgoto (PARRON; MUNIZ, PEREIRA, 2011).

A classificação mundial das águas, feita com base nas suas características naturais, designa como água doce aquela que apresenta teor de sólidos totais dissolvidos (TDS) inferior a 1000 mg.L^{-1} . As águas com TDS entre 1000 a 10000 mg.L^{-1} são classificadas como salobras e águas com mais de 10000 mg.L^{-1} são consideradas salgadas (REBOUÇAS, 2002). O limite máximo permitido de TDS na água para consumo humano é de 1000 mg.L^{-1} (BRASIL, 2011).

2.7.2.4 Dureza total

A presença dos íons cálcio e magnésio em águas não têm significância sanitária, mas pode ser prejudicial aos usos doméstico e industrial. Estes sais dão origem na água à chamada “dureza”. Pesquisas envolvendo a ceralite por *Acanthamoeba* e sua correlação com a presença de cálcio para usuários que utilizam lentes de contato, proporcionou ao cálcio uma importância do ponto de vista sanitário.

Em média, um adulto consome diariamente cerca de 480 mg de magnésio. Qualquer excesso é rapidamente expelido pelo organismo. Não há limites superiores em água potável estabelecido para esse metal. Entretanto, para pessoas com problemas renais, o magnésio pode causar problemas por reações tóxicas, provocar fraqueza muscular, coma, hipertensão e confusão (SPRINGWAY, 2004).

A respeito do sabor desagradável que referidos níveis podem suscitar elas não causam problemas fisiológicos. No Brasil, o valor máximo permissível de dureza total fixado pelo padrão de potabilidade, em vigor, é de 500 mg.L⁻¹ CaCO₃ segundo a Portaria do Ministério da Saúde nº 2914 de 12 de dezembro de 2011 (BRASIL, 2011). A água pode ser classificada em função dos níveis de dureza (RICHTER; AZEVEDO, 1991). A Tabela 12 mostra a classificação da água em função dos níveis de dureza.

Tabela 12 - Classificação da água em função dos níveis de dureza

Água mole	< 50 mg.L ⁻¹ CaCO ₃
Água de dureza moderada	50 a 150 mg.L ⁻¹ CaCO ₃
Água dura	150 a 300 mg.L ⁻¹ CaCO ₃
Água muito dura	> 300 mg.L ⁻¹ CaCO ₃

Fonte: Richter e Azevedo (1991)

2.7.2.5 Salinidade

A salinidade de águas naturais vincula-se à presença de sais minerais dissolvidos formados por ânions como cloretos, sulfatos, bicarbonatos e cátions como cálcio, magnésio, potássio e sódio. A indicação da magnitude da salinidade culminou com o usual emprego da concentração de cloretos como estimativa desta característica química (ESTEVES, 1988).

Condições ambientais de alta salinidade podem limitar a atividade das bactérias. Apenas espécies de bactérias adaptadas conseguem sobreviver a níveis mais elevados de sais, porém, nem sempre atingindo seu potencial de desenvolvimento máximo (OLIVEIRA et al., 2009). No caso da bactéria *E. coli*, a salinidade afeta principalmente a sua velocidade de multiplicação (MONTEIRO, 2013).

A Resolução N° 357 do CONAMA de 17 de março de 2005, estabelece que para águas doces a salinidade deve ser igual ou inferior a 0,5‰ (500 mg.L⁻¹), salobras superior a 0,5‰ e inferior a 30‰ e águas salinas valores igual ou superior a 30‰.

2.7.2.6 Oxigênio dissolvido

O oxigênio dissolvido (OD) se apresenta sob a forma de um gás biatômico (O₂), ocorrendo na sua forma elementar no ar em 20,95% em volume e em 23,16% em peso (p/p). Essa substância simples é mais importante para os seres vivos na terra e na água, sendo útil

para respiração e metabolismo do corpo, como também para combustão em todas as suas formas (POHLING, 2009).

O oxigênio dissolvido (OD) é um componente essencial para o metabolismo dos microorganismos aeróbios presentes em águas naturais, sendo indispensável para os seres vivos, especialmente os peixes os quais geralmente não resistem a concentrações oxigênio dissolvido na água inferiores a 4 mg.L^{-1} (KEGLEY; ANDREWS, 1998).

Em águas subterrâneas pode ser deficiente de oxigênio dissolvido, mesmo não estando poluída, pois o oxigênio pode ter sido consumido pela oxidação de minerais dissolvidos na água (BABBITT; DOLAND; CLEASBY, 1976). Nos recursos hídricos a Resolução nº 357 (2005) – CONAMA, indica que a classe 3 – água doce e a água salobra o valor mínimo de 5 mg.L^{-1} de oxigênio dissolvido.

As principais fontes de oxigênio para água são a atmosfera e a fotossíntese. Por outro lado, as perdas de oxigênio são causadas pelo consumo pela decomposição da matéria orgânica (oxidação), por perdas para atmosfera, respiração de organismos aquáticos, nitrificação e oxidação química abiótica de substâncias como íons metálicos – ferro (II) e manganês (II) (FIORUCCI; BENEDETTI FILHO, 2005).

A água em condições normais contém oxigênio dissolvido, cujo teor de saturação depende da altitude e temperatura, baixos teores indicam a decomposição de matérias orgânicas por microrganismos aeróbios, pois estes consomem e reduz o oxigênio presente na água (MOTA, 2010).

2.7.2.7 Cloro residual livre

A Portaria do Ministério da Saúde nº2.914 de 2011, estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, preconizando os níveis aceitáveis para o cloro livre na água entre $0,5$ e $5,0 \text{ mg.L}^{-1}$, onde ultrapassados esses limites, podem causar problemas à saúde. “Sua escassez” propicia o desenvolvimento de microrganismos patogênicos, e em excesso, o cloro combina com a matéria orgânica presente na água, produzindo trihalometano.

Segundo Sanches, Silva e Vieira (2003), a utilização do gás cloro e da solução de hipoclorito de sódio no tratamento da água, dá-se em função do baixo custo e fácil manuseio, além de atuar como agente oxidante de compostos orgânicos e inorgânicos presentes na água. O cloro é considerado bom agente desinfetante por que realmente age sobre as bactérias presentes na água, não é nocivo ao homem na dosagem requerida para desinfecção, é econômico, não altera outras qualidades da água, é de aplicação relativamente fácil, deixa um

residual ativo na água, isto é, sua ação continua depois de aplicado e é bem tolerado pela grande maioria da população. É aplicado na água por meio de dosadores, que são aparelhos que regulam a quantidade do produto a ser ministrado, dando-lhe vazão constante. (EPA, 2000).

2.7.2.8 Gás carbônico livre

Para o Ministério da Saúde, a origem da acidez tanto pode ser natural (CO_2) absorvido da atmosfera ou resultante da decomposição de matéria orgânica ou antropogênica (despejos industriais, passagem da água por minas abandonadas) (BRASIL, 2006b). A distribuição das formas de acidez é função do pH da água, onde um pH maior que 8,2 indica CO_2 livre ausente; pH entre 4,5 e 8,2 indica pH influenciado por gás carbônico e um pH menor que 4,5 indica acidez por ácidos minerais fortes, geralmente resultantes de despejos industriais.

O gás carbônico livre existente em águas superficiais normalmente está em concentração menor do que 10 mg.L^{-1} , enquanto que em águas subterrâneas pode existir em maior concentração (FUNASA, 2006).

O gás carbônico contido na água pode contribuir significativamente para a corrosão das estruturas metálicas e de materiais à base de cimento (tubos de fibro-cimento) de um sistema de abastecimento de água e por essa razão o seu teor deve ser conhecido e controlado (FUNASA, 2006).

2.7.2.9 pH

O pH é uma medida do equilíbrio entre as cargas de hidroxilas (OH^-) e de íons (H^+). A letra “p” minúscula que aparece nessas notações deriva de potência, lembrando o expoente que aparece na definição dos logaritmos. Portanto pH é a potência hidrogeniônica e o pOH é a potência hidroxiliônica (SANTOS; ZANELLO, 2008).

Do ponto de vista analítico o pH é um dos parâmetros mais importantes na determinação da maioria das espécies químicas de interesse na análise de água potáveis. Apresenta relações fundamentais com a acidez e alcalinidade de modo que é praticamente impossível falar dessas propriedades químicas sem ter com referência o pH (MACEDO, 2013).

Alterações de pH podem ter origem natural (dissolução de rochas, fotossíntese) ou antropogênica (despejos domésticos e industriais). Em águas de abastecimento, baixos valores de pH podem contribuir para sua corrosividade e agressividade, enquanto valores elevados

aumentam a possibilidade de incrustações (BRASIL, 2006b).

Para adequada manutenção da vida aquática, o pH deve situar-se geralmente na faixa de 6 a 9. Existem, no entanto, várias exceções a essa recomendação, provocados por influências naturais, como é o caso dos rios de cores intensas, em decorrência da presença de ácidos húmicos provenientes da decomposição da vegetação. Nessa situação, o pH das águas é sempre ácido (valores de 4 a 6), como pode ser observado em cursos d'água na planície amazônica (BRASIL, 2006b).

Os valores de pH conforme a hora do dia, por conta dos processos bioquímicos que ocorrem na água no momento, no caso da incidência dos raios solares que desencadeia a fotossíntese, o gás carbônico reage com a água produzindo íon hidrogênio (H^+), o pH tende a acidez. A remoção do gás carbônico resulta em menor número de íons hidrogênio sejam formados, levando o pH a uma tendência de alcalinidade, que se reflete no seu pico máximo, a tarde. Durante a noite, o processo de fotossíntese é interrompido em virtude da falta de energia solar e novamente o gás carbônico se acumula na água, gerando acidez (SANTOS; ZANELLO, 2008).

Os principais fatores que determinam o pH da água são o gás carbônico dissolvido e a alcalinidade total. O pH das águas subterrâneas varia geralmente entre 5,5 e 8,5 (MARINS; PARAQUETTI; AYRES, 2002).

2.8 Água de Recreação

No Brasil, há instrumentos específicos para a avaliação da evolução da qualidade das águas ambientais, tanto nos principais rios, como em reservatórios, lagoas costeiras, baías e praias. Em relação aos níveis estabelecidos para balneabilidade, está em vigor, a Resolução CONAMA Nº 274 de 29 de novembro de 2000 (Tabela 13).

Por meio dessa resolução, as águas são classificadas como próprias ou impróprias, a partir do resultado de análises microbiológicas, ou da detecção da presença de esgotos, óleos, graxas, maré vermelha, floração de algas tóxicas, incidência de doenças de veiculação hídrica ou outras que contra indiquem o contato primário (CONAMA, 2000).

Esta resolução cita os parâmetros indicadores de qualidade da água de balneabilidade. Nela foram apresentados como indicadores biológicos, os coliformes totais, *Escherichia coli* e Enterococos, sendo classificadas de acordo com sua contagem, as águas como excelentes, muito boas, satisfatórias e impróprias. Nela, também é realizada, a recomendação aos órgãos ambientais para futuras padronizações de avaliação das condições parasitológicas e

microbiológicas da areia (CONAMA, 2000).

Para balneabilidade, a Agência de Proteção Ambiental (EPA) nos Estados Unidos da América (EUA), só recomenda a detecção de *Escherichia coli* para água doce (APHA, 2004). No Brasil, a Resolução CONAMA nº 274/2000 recomenda o parâmetro *Escherichia coli* para avaliação da qualidade microbiológica de águas doces e salinas, e o parâmetro Enterococos que, nos EUA, é usado para avaliar a qualidade sanitária de ambas as águas; no Brasil, a adoção desse parâmetro se refere apenas a águas marinhas.

Tabela 13 - Padrões para qualidade da água de recreação segundo Resolução Nº274/2000, do CONAMA, tabela modificada para valores expressos em UFC/mL.

Classificação	C. (Termotolerantes)	Fecais	E. coli	Enterococos
Excelente	1,15		0,92	0,11
Muito Boa	2,31		1,84	0,23
Satisfatória	4,61		3,69	0,46
Imprópria	11,54		9,22	1,84

Fonte: CONAMA, tabela modificada segundo dados apresentados no trabalho de Gronewolde Wolpert (2008), dados expressos em UFC/mL.

2.9 Contaminação Biológica do Solo

A contaminação do solo por matéria fecal humana e animal é fator de transmissão das geohelmintoses. Um estudo realizado no Rio de Janeiro verificou-se a presença de ovos e/ou larvas de geohelminhos em amostra de terras provenientes de praças públicas da zona sul da cidade do Rio de Janeiro, onde evidenciou ovos de *Ascaris* sp e *Toxocara* sp (SOUZA; MAZZUCCO; COUTINHO, 1979). A maioria das praças estudadas demonstra grande contaminação do solo com matéria fecal, indicando um elevado risco de infecção por geohelminhos para população humana.

Os geohelminhos são aqueles vermes cujo ciclo evolutivo, em parte, ocorre predominantemente no solo (que por sua vez pode ser fonte de infecção, contendo larvas infectantes ou ovos) prescindindo de outro hospedeiro além do homem (MELLO, 2010).

A sobrevivência de bactérias entéricas no solo, com possibilidades de atingir os mananciais subterrâneos, é influenciada por uma complexa interação entre as características destes microrganismos e os do solo, hidrologia, clima, qualidade da água, isto é, fatores intervenientes na sobrevivência de bactérias entéricas como teor de umidade, capacidade de armazenamento de água, temperatura, pH, luz solar, matéria orgânica e competição com outros microrganismos no solo (SMITH, 1999).

Estudos confirmam a umidade como parâmetro relevante à sobrevivência das bactérias do solo. Estima-se que em condições adversas esta sobrevivência raramente exceda 10 dias, podendo atingir até 100 dias em condições favoráveis. Estudos em escala de laboratório acerca da sobrevivência do gênero *Salmonella* e apontou, para temperatura superior a 35°C, redução de 2 log (99%) obtida em menos de duas semanas (CANTER; KNOX; FAIRCHILD, 1987).

O solo úmido e sombreado torna-se favorável à prevalência e ao desenvolvimento embrionário de ovos que, em condições favoráveis, permanecem infectantes no solo por vários meses (OMS, 2006).

Os ovos de helmintos são um parâmetro importante ao se avaliar o uso da água ou esgoto para irrigação, durante a qual os trabalhadores podem ter contato direto com a água contaminada.

2.10 Contaminação Biológica da Água

A contaminação dos aquíferos relaciona-se com diversos fatores, especialmente do tipo de solo e a profundidade, tornando-se evidente que os aquíferos freáticos são significadamente susceptíveis aos efeitos das ações antrópicas dos artesianos por não ocorrer à autodepuração e pela lenta renovação das águas (LIBÂNEO, 2010).

A contaminação das águas superficiais e para águas subterrâneas pode ser difusa, como percolação de nitratos, agrotóxicos utilizados na agricultura ou pontual, como poluição orgânica por meio de fossas assépticas e aterros sanitários (LIBÂNEO, 2010).

A sobrevivência de bactérias entéricas no solo, com possibilidades de atingir os mananciais subterrâneos, é influenciada por uma complexa interação entre as características destes microorganismos e o do solo, hidrologia, clima, qualidade da água, isto é, fatores intervenientes na sobrevivência de bactérias entéricas como teor de umidade, capacidade de armazenamento de água, temperatura, pH, luz solar, matéria orgânica e competição com outros microorganismos no solo (SMITH, 1999).

2.10.1 Doenças relacionadas com a água

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), grande parte de todas as doenças que se disseminam nos países em desenvolvimento são provenientes da água de má qualidade. A água contaminada pode prejudicar a saúde das pessoas através da ingestão direta, na

ingestão de alimentos, na agricultura, na indústria e pelo seu uso na higiene pessoal e no lazer.

As doenças causadas por veiculação hídrica são causadas principalmente por microorganismos patogênicos de origem entérica, animal ou humana, transmitidas geralmente pela rota fecal-oral, ou seja, são excretadas nas fezes humanas de indivíduos infectados e ingeridos na forma de água ou alimentos contaminados por água poluída com fezes (AMARAL et al., 2003).

A classificação ambiental das infecções relacionadas com a água origina-se da compreensão dos mecanismos de transmissão, que se agrupam em quatro categorias: transmissão hídrica, transmissão relacionada com a higiene, transmissão baseada na água e transmissão por um inseto vetor, tabela 14 (HELLER; MOLLER, 1995).

Tabela 14 – Doenças relacionadas com a água

Grupo de doenças	Formas de Transmissão	Principais doenças	Formas de prevenção
Transmitidas pela via feco-oral	Organismo patogênico é ingerido	Diarréias e disenterias, como a cólera e a giardíase; Febre tifóide e paratifóide; Leptospirose; Amebíase; Hepatite infecciosa; Ascaridíase (lombriga)	alastram Fornecer água em quantidade adequada e promover a higiene pessoal, doméstica e dos alimentos.
Controladas pela limpeza com a água	A falta de água e higiene pessoal insuficiente criam condições favoráveis para disseminação.	Infecções na pele e nos olhos, como o tracoma e o tifo relacionado com piolhos e a escabiose.	Fornecer água em quantidade adequada e promover a higiene pessoal e doméstica.
Associadas à água (uma parte do ciclo da vida do agente infeccioso ocorre em um animal aquático)	O organismo patogênico penetra pela pele ou é ingerido.	Esquistossomose	Evitar o contato de pessoas com águas infectadas; Proteger mananciais; Adotar medidas adequadas para disposição de esgotos; Combater o hospedeiro intermediário.
Transmitidas por vetores que se relacionam com a água.	As doenças são propagadas por insetos que nascem na água ou picam perto dela.	Malária; Febre amarela; Dengue; Filariose (Elefantíase)	Combater os insetos transmissores; Eliminar condições que possam favorecer criadouros; Utilizar meios de proteção individual.

Fonte: Heller e Moller (1995)

Os principais indicadores bacterianos utilizados para de contaminação fecal são: os de Coliformes totais (CT), os Coliformes fecais (CF) e *Escherichia coli* (EC). O grupo dos Coliformes totais constitui-se um grupo de bactérias que têm sido isoladas de amostras de águas e solo poluídos e não poluídos, bem como de fezes humanos e outros animais de sangue quente. Este grupo foi bastante usado no passado como indicador, e continua a ser usado em algumas áreas, embora as dificuldades associadas com a ocorrência de bactérias não fecais seja um problema (THOMANN; MUELLER, 1987).

No caso específico de abastecimento de água potável, a água tratada não deve conter coliformes totais, os quais, caso encontrado, sugere tratamento inadequado, contaminação posterior ou nutriente em excesso na água tratada. Nestas condições, os coliformes totais podem ser usados com indicadores da eficiência de tratamento de água e da integridade de sistema de distribuição (WHO, 1993).

A espécie *Escherichia coli* é a principal bactéria do grupo coliformes fecais (termotolerantes), sendo abundante em fezes humanas e animais. São encontrados em esgotos, efluentes tratados e águas naturais sujeitas à contaminação recente por seres humanos, atividades agropecuárias, animais selvagens e pássaros (WHO, 1993).

A bactéria *E.coli* não causa dano quando está presente na flora intestinal normal do ser humano e animais endotérmicos. Porém, quando encontrada em outras regiões do corpo, pode causar doenças graves, como infecções do trato urinário, bacteremia e meningite (OMS, 2011).

3 CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO

O Estado do Maranhão localiza-se na faixa de transição entre o clima equatorial e tropical, estando à porção Nordeste do Estado na faixa equatorial e o restante na zona tropical. O clima da Ilha de São Luís, segundo a classificação proposta por Köppen-Geiger, é tropical com estação seca do tipo AW (A - clima tropical e w – chuva de verão) com verões quentes e úmidos, temperatura máxima – média de 31,9 °C e mínima – média 25 °C, precipitação soma em mm 1589,0, abaixo de 2000 mm/ano e disponibilidade de água no solo em média 41,5mm dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2013). São duas estações bem definidas a chuvosa e a seca, com mais de 80% das chuvas ocorrendo no verão, conforme os dados do Laboratório de Geo-Processamento e Agrometeorologia da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA).

A área em estudo está localizada a sudoeste da Ilha de São Luís - MA, no município de São Luís, na microbacia do Tibirí, entre os pares de coordenadas 585160 m E - 9706768 m S; 586475 m E - 9708085 m S; Sistema de Projeção: UTM SIRGAS 2000 Zona 23 S - Datun: D SIRGAS 2000 (Figura 3).

A comunidade do Cinturão Verde da Vila Sarney Filho I é um polo agrícola localizado na área rural de São Luís tem como principal atividade a produção de hortaliças, legumes e frutas numa área reservada de 30 hectares, próximo do Aterro da Ribeira (Figura 4), possui 80 residências num total de 342 pessoas. A água fornecida para consumo humano e irrigação vem de 6 poços tubulares com 50 a 60 metros de profundidade. Na comunidade as fossas sépticas não seguem um padrão de construção. Segundo o presidente da Comunidade do Cinturão Verde as substâncias químicas utilizadas para correção do solo são o calcário dolomítico e às vezes o gesso. Quanto ao lodo, algumas vezes é doado pela Estação de Tratamento de Efluentes do Bacanga em São Luís – MA como fonte de matéria orgânica para o solo.

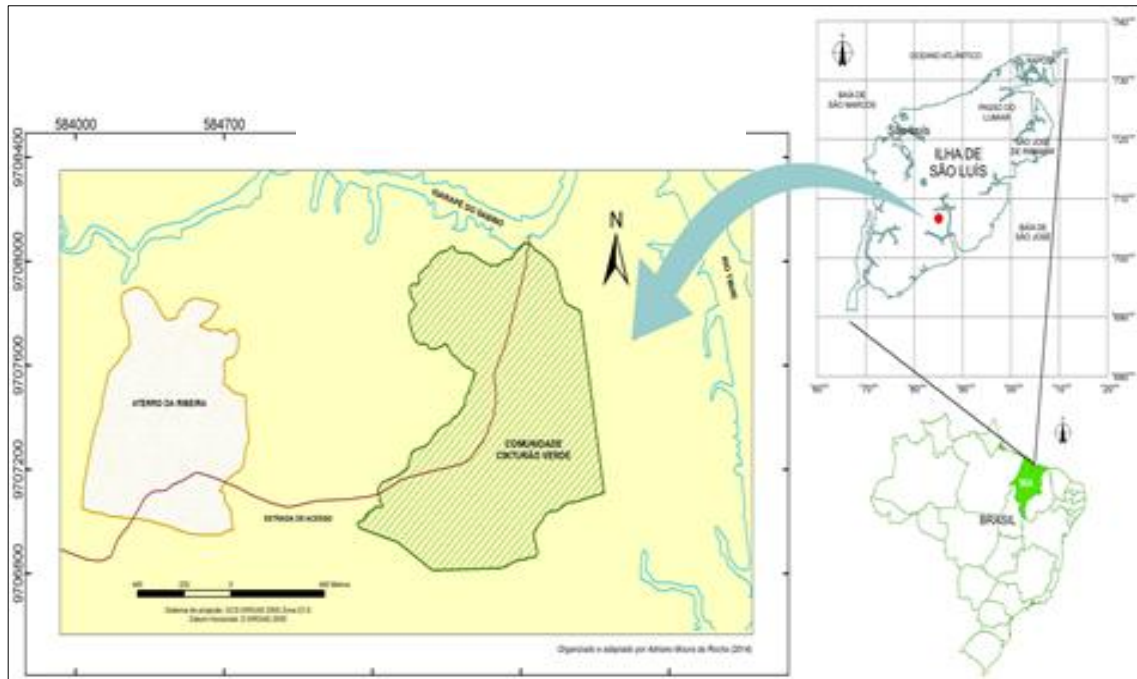


Figura 4 - Localização da área de estudo “Cinturão Verde”.

Fonte: Google Earth (2014); Organizado e adaptado por Adriano Moura Rocha.

4 OBJETIVOS

4.1 Geral

Avaliar a qualidade sanitária da água de poços tubulares e do solo próximo aos poços da comunidade rural “Cinturão Verde”, através de análises colimétricas, parasitológicas, físicas e químicas.

4.2 Específicos

- a) Caracterizar conforme as propriedades físicas e químicas, a camada superficial do solo adjacente aos poços tubulares da Comunidade do “Cinturão Verde” durante os períodos seco, chuvoso e os de transição;
- b) Caracterizar o perfil físico-químico da água dos poços tubulares;
- c) Avaliar os níveis colimétricos das águas dos poços tubulares e do solo adjacente;
- d) Avaliar os níveis parasitológicos do solo e da água dos poços tubulares

5 METODOLOGIA

Trata-se de um estudo de monitoramento ambiental ao longo dos períodos de transição seco/chuvoso, chuvoso, transição chuvoso/seco e seco com a determinação de parâmetros físico-químicos, colimétricos e parasitológicos do solo e da água de poços tubulares para avaliação da qualidade sanitária dos mesmos.

5.1 Metodologia de Campo

5.1.1 Área de estudo

Os pontos de coleta de amostras de solo foram distribuídos próximos aos seis pontos de coleta de água dos poços tubulares “1A, 5A, 8A, 13A, 17A e 20A” do Cinturão Verde da Vila Sarney Filho I, localizado nas coordenadas 02°38’56.63” S e 44°13’39.44” W próximo do Aterro da Ribeira (Figura 5, região descampada a esquerda), os pontos controles estão localizados nesta área do aterro (pontos amostrais 25A e 24S).



Figura 5 - Localização da Comunidade do Cinturão Verde
Fonte: Google Earth (2014).

Para cada poço tubular foi coletado amostras de água e da camada superficial (0-20 cm) do solo, restrito a uma área circular (raio de 10 metros) a partir da tubulação de revestimento. Foi coletado também em um ponto voltado para a área do principal foco de

contaminação, cerca de 10 metros de distancia do poço considerado, tendo como região de referencia o ponto controle do aterro sanitário, pontos 25A e 24S (Figura 6).

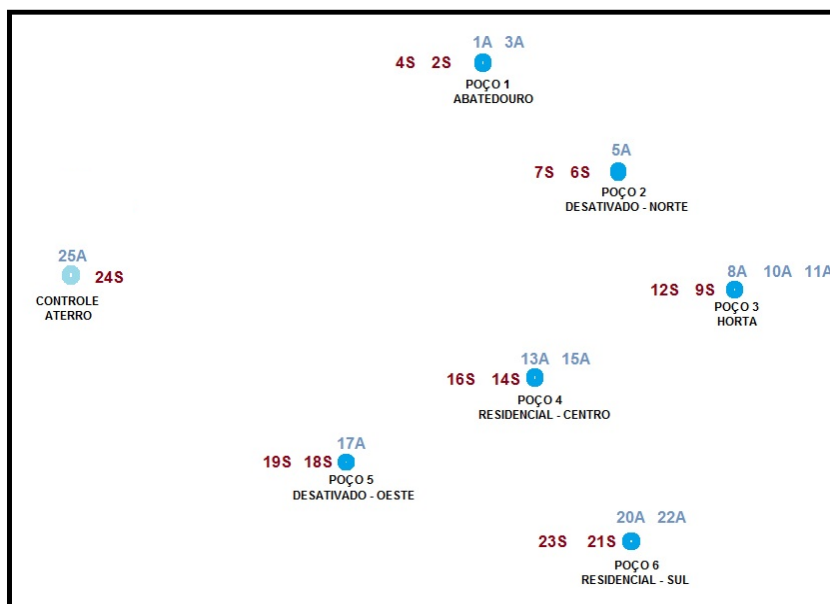


Figura 6 - Esquemas representativos do posicionamento dos 25 pontos amostrais, 12 de água (A: 1, 3, 5, 8, 10, 11, 13, 15, 17, 20, 22 e 25) e 13 de solo (S: 2, 4, 6, 7, 9, 12, 14, 16, 18, 19, 21, 23, 24).

Fonte: Elaborado pelo Autor (2015)

5.1.2 Plano de amostragem

No plano de amostragem foi considerado o número e o volume de amostras que foram coletados e possíveis de serem processados em até 24 horas para colimetria, após a coleta, pelo Laboratório de Tecnologia de Bebidas e Águas do Instituto Federal, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA), sendo que os parâmetros de interesse foram determinados após vistoria ao local de estudo. Após a vistoria, foram definidos os pontos potenciais de contaminação, os de coleta e o respectivo número de amostras para cada ponto amostral. A execução das coletas de amostras foi distribuída nos 12 meses ao longo do ano de experimento, com análises dos níveis de *Escherichia coli*, de Coliformes totais e de parasitos nas matrizes solo e água conforme (Tabela 15).

Tabela 15 - Período de coleta das amostras de água e solo - 2014

Sequencia	Meses	Campanha	Período do Ano
1	Janeiro	1X	Transição do período Seco/Chuvoso
2	Abril/Maio	1X	Chuvoso
3	Julho	1X	Transição do período Chuvoso/Seco
4	Outubro/Novembro	1X	Seco

Fonte: Elaborado pelo Autor (2015)

5.1.3 Coletas das amostras e procedimentos de campo

5.1.3.1 Registro

Os parâmetros de campo foram registrados em tabelas de coleta com os seguintes dados: temperatura do ar, solo e água, hora e dia da coleta, coordenadas do GPS e umidade relativa do ar, através do site (<http://www.inmet.gov.br>).

5.1.3.2 Coleta e preservação das amostras de águas dos poços tubulares

5.1.3.2.1 Coleta para análise colimétrica de água

Abriu-se a torneira do ponto de prova e deixou-se escoar por 5 minutos. Fez-se a higienização das mãos com detergente neutro, passou-se álcool 70%, colocou-se a luva e procedeu-se à limpeza do ponto de coleta com uma esponja, utilizando detergente neutro por cima e por dentro com uma escova de cerdas para retirada de impurezas como depósito de ferro do ponto de prova retirou-se o detergente com a própria água do poço e passou-se um algodão com álcool 70% em cima e por dentro do cano, abriu-se a torneira mais uma vez e fez-se o ajuste da abertura da torneira em fluxo baixo de água e realizou-se coleta. O coletor utilizado foi do tipo Whirl-Pak de plástico estéril com marca de aferição de 100 mL devidamente identificado. Fechou-se o coletor com a amostra e acondicionou-se em caixa de isopor com barras de gelo reutilizáveis para o transporte. O tempo de coleta e a realização do exame não excederam às 24 horas (INEA, 2011). Nas amostras de águas para os poços tubulares, não foi necessário à diluição em função de suas características físico-químicas,

principalmente a turbidez. O procedimento de assepsia e coleta é ilustrado conforme as figuras 7 e 8.



Figura 7 - Ponto de coleta
Fonte: Arquivo pessoal (2014)



Figura 8 - Procedimento de limpeza
Fonte: Arquivo pessoal (2014)

5.1.3.2.2 Coleta para análise físico-química da água

A coleta da água para análise físico-química foi realizada após a coleta da água para análise colimétrica, deixando escoar a água por 5 minutos e lavando o frasco de coleta três vezes, com a própria água a ser coletada. Ajustou-se a abertura da torneira em fluxo baixo de água e coletou-se o volume de suficiente para as análises laboratoriais. O frasco de coleta utilizado é o de polietileno com capacidade de 1litro (INEA, 2011).

5.1.3.2.3 Coleta para análise parasitológica das águas dos poços tubulares

A coleta de água para avaliação da presença de parasitos foi utilizado um sistema de filtro, contendo refil poroso coberto por manta acrílica de retenção do material particulado (Figura 9). Estava previsto coleta nos 6 pontos de poços, mais só quatro estavam ativos e que possuem bomba de sucção de água com cano acoplado no fundo do poço, sendo utilizada esta bomba por 20 minutos em atividade contínua, para filtragem de 2 mil litros de água. Por questões éticas para evitar o desperdício, o volume filtrado foi conectado a um sistema de irrigação simples para as culturas próximas do poço.



Figura 9 - Filtro de coleta de amostras parasitárias em água, captada com auxílio de bomba submersa instalada no poço tubular.

Fonte: Arquivo pessoal (2014)

5.1.3.2.4 Fatores ambientais do período chuvoso

Tabela 16 - Período chuvoso

Região (Poços)	Data da Coleta	Condição	U.R (%)
1A, 8A, 13A e 20A	14/04/2014	Tempo nublado	85

Fonte: Elaborado pelo Autor (2015)

5.1.3.2.5 Período chuvoso

Tabela 17 – Dados de coleta para análise parasitológica dos poços tubulares

Região	Poços	Temperatura da água (°C)	Início da Coleta (h)	Término da coleta (h)	Tempo de amostragem
1	1A	28	16:00	18:00	2h
3	8A	29	08:00	10:00	2h
4	13A	28	11:00	13:10	2h10min
6	20A	29	14:00	15:56	1h56min

Fonte: Elaborado pelo Autor (2015)

5.1.3.2.6 Fatores ambientais do período seco

Tabela 18 – Período seco

Região (Poços)	Data da Coleta	Condição	U.R (%)
1A, 8A, 13A e 20A	06/11/2014	Sol com algumas nuvens	74

Fonte: Elaborado pelo Autor (2015)

5.1.3.2.7 Período seco

Tabela 19 – Dados de coleta para análise parasitológica dos poços tubulares

Região	Poços	Temperatura da água (°C)	Início da Coleta (h)	Término da coleta (h)	Tempo de amostragem
1	1A	29	15:00	16:43	1h43min
3	8A	29	17:00	18:26	1h26min
4	13A	28	10:00	11:53	1h53min
6	20A	29	12:10	13:46	1h36min

Fonte: Elaborado pelo Autor (2015)

Tabela 20 - Número de amostras de água coletadas para cada processo de análise.

PONTOS	ÁGUA	PROCESSOS		
		Colimetria	Parasitologia-filtro	Físico-Química
1	Poço 1- Abatedouro	X	X	X
3	Água servida poço 1 abatedouro	X		X
5	Poço 2 - Desativado – Norte*	X	X	X
8	Poço 3 – Horta	X	X	X
10	Água servida para irrigação da horta	X		X
11	Água servida para consumo (reservatório)	X		X
13	Poço 4 - Residencial – Centro	X	X	X
15	Água servida pelo poço 4 reservatório ou cisterna – consumo	X		X
17	Poço 5 - Desativado – Oeste*	X	X	X
20	Poço 6 - Residencial – Sul	X	X	X
22	Água do reservatório do poço 6 para consumo	X		X
25	Água servida para consumo dos trabalhadores no aterro	X		X
		12x2 = 24	6	12x3=36

* Nos poços tubulares 2 e 5 não foram realizadas as análises de colimetria, parasitologia e físico-química da água porque estava desativado.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2015)

5.1.3.3 Coleta e preservação das amostras de solo

5.1.3.3.1 Coleta de solo para análise de colimetria

As amostras de solo foram coletadas em pontos georeferenciados por aparelho de GPS. Após cavar cerca de 0-20 cm de profundidade o solo foi transferido para recipiente de vidro estéril GL 45 de 250 mL com temperatura máxima para autoclavagem de até 140°C (Figura 10). Em seguida o recipiente foi fechado, envolto com papel alumínio estéril, acondicionado em caixa de isopor com gelo e mantido sob refrigeração até a chegada ao laboratório. A massa de solo coletada foi de aproximadamente 100g.



Figura 10 – Coleta de amostras da camada superficial do solo para análise de colimetria do solo.

Fonte: Arquivo pessoal (2014)

5.1.3.3.2 Diluição da amostra do solo para análise de colimetria

Na preparação das diluições nas amostras de solo, foram realizados ensaios para melhor quantificação, leitura confiável e mais precisão na obtenção dos resultados de Coliformes totais e E. Coli (Figura 11).

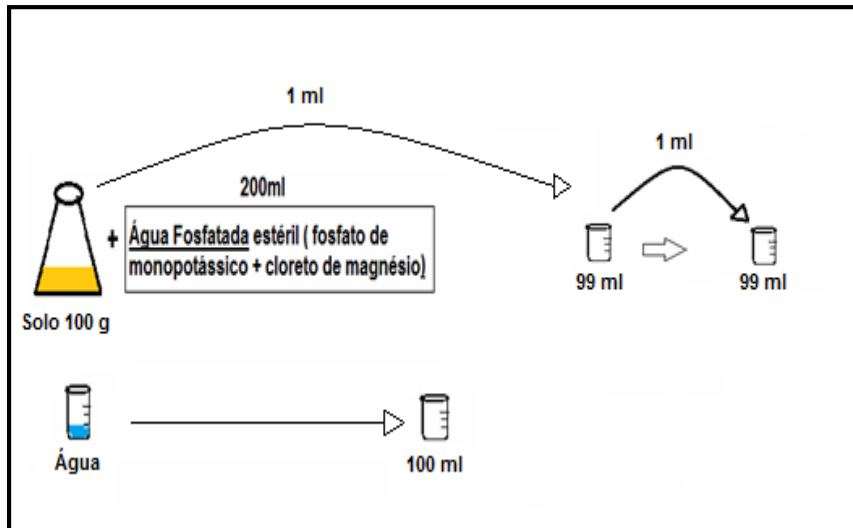


Figura 11 – Esquema das diluições utilizadas nas amostras de solo e água
 Fonte: Arquivo pessoal (2014)

5.1.3.3.3 Amostra do solo para análise físico-química

A amostra foi realizada através de coletores do tipo trado calador cilíndrico em aço inox a uma profundidade de 0 a 20 cm em quatro pontos equidistantes a 10m do poço tubular (Figura 12 e 13). Primeiramente realizou-se a limpeza dos locais definidos, eliminando a vegetação, as folhas, ramos e pedras; em seguida fez-se a cova e retiram-se 3 amostras transferindo-se para um balde limpo, onde foi misturado e depois transferido para um saco plástico devidamente identificado. Os pontos definidos em relação aos poços tubulares tiveram a quantidade de aproximadamente 500g de terra, constituindo uma amostra simples para análise química. Para as análises granulométricas das regiões foram realizadas misturas das amostras simples para obter uma amostra composta, da qual foi retirada uma quantidade suficiente para análise física do solo (SILVA et al, 2009).



Figura 12 - Coleta do solo com trado coletor

Fonte: Arquivo pessoal (2014)

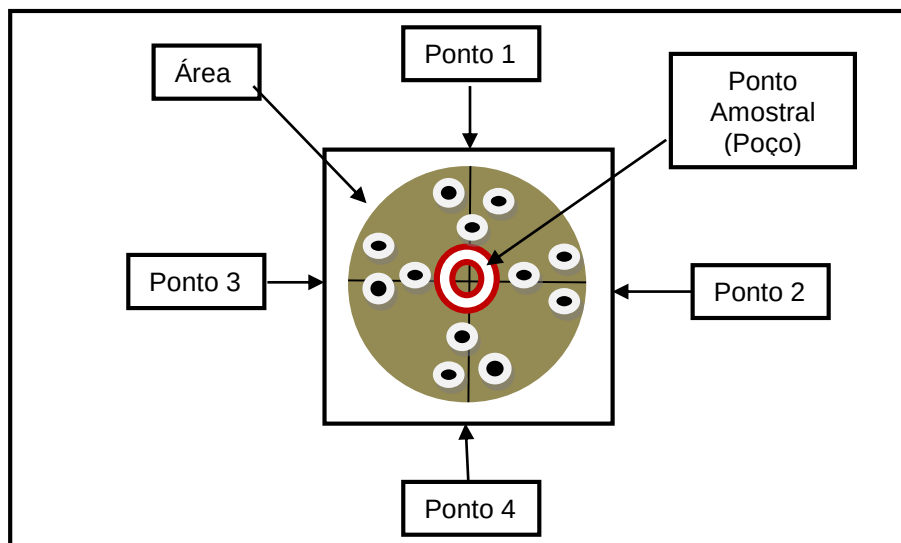


Figura 13 - Esquema de amostragem das áreas para análise físico-química do solo

Fonte: Elaborado pelo Autor (2015)

5.1.3.3.4 Coleta do solo para análise parasitológica

As amostras de solo foram coletadas em pontos georeferenciados por aparelho de GPS. Após cavar cerca de 0 a 20 cm de profundidade com uma concha de metal, o solo foi transferido para um saco plástico com capacidade de 500 mL (quantidade aproximada de 100g) devidamente identificado e acondicionado em caixa de isopor com gelo, mantendo sob refrigeração acerca de 4°C, até chegarem ao laboratório (Figura 14), conforme a metodologia

de (AMARAL, 2012). No total foram 13 pontos de coleta de solo, representativos da região perimétrica do ponto de água (Tabela 21).



Figura 14 – Coleta de amostra da camada superficial do solo para análise parasitológica

Fonte: Arquivo próprio (2014)

Tabela 21 - Número de amostras de solo coletadas para cada processo de análise.

PONTOS	SOLO	PROCESSOS		
		Colimetria	Parasitologia Lutz e Baermann – Moraes (modificada)	Físico-Química
2	Solo Abatedouro	X	X	X
4	Solo equidistante a 10m do poço do abatedouro.	X	X	X
6	Solo Poço desativado 2 – Norte	X	X	X
7	Solo Poço desativado 2 - Norte equidistante do aterro (10 m)	X	X	X
9	Solo Poço 3 Horta	X	X	X
12	Solo Poço 2 Horta equidistante do aterro (10 m)	X	X	X
14	Solo do Poço 4 - Residencial Centro	X	X	X
16	Solo Poço 4 - equidistante ao aterro (10 m)	X	X	X
18	Solo poço 5 desativado oeste	X	X	X
19	Solo equidistante do poço 5 para o aterro (10 m do abatedouro)	X	X	X
21	Solo do Poço 6 – Residencial – Sul	X	X	X
23	Solo equidistante do poço 6 para o aterro	X	X	X
24	Solo do Aterro	X	X	X
		13x2 = 26	13x 2 = 26	13x3=39

Fonte: Elaborado pelo Autor (2015)

5.1.4 Definição das regiões e dos pontos amostrais

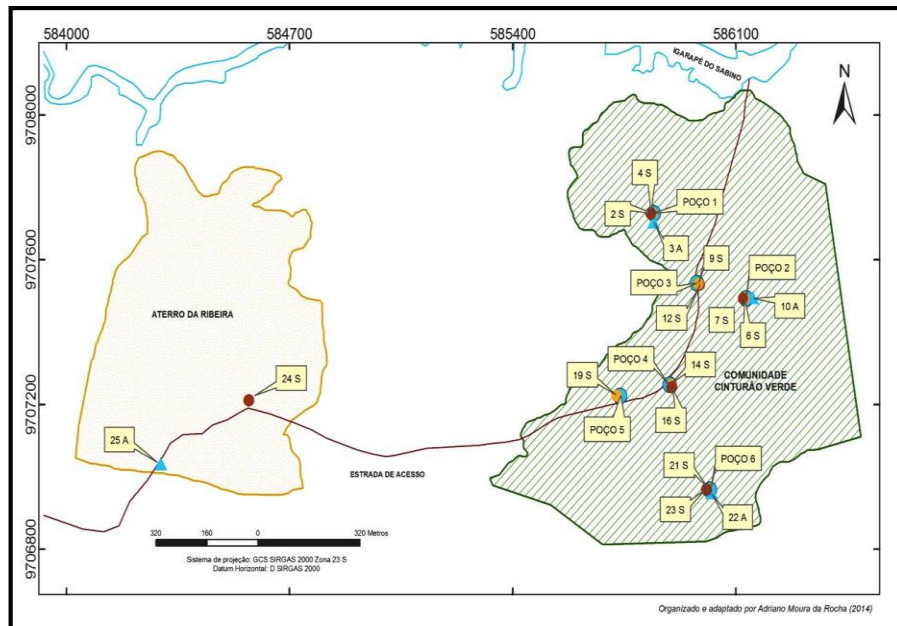


Figura 15 - Localização das regiões, pontos de coleta e poços tubulares.

Fonte: Google Earth - Organizado e adaptado por Adriano Moura da Rocha (2014)

Tabela 22 - Caracterização e coordenadas dos pontos de coleta de água e solo

CARACTERIZAÇÃO DOS PONTOS		DE	AMOSTRAGEM	
Pontos	Descrição	Tipo amostra	de	Coordenadas (UTM)
P1 (1A)	Poço tubular 1	Água Subterrânea	585843	9707727
3A	Água do poço servida para o abatedouro (caixa d'água)	Água subterrânea	585843	9707727
2S	Solo abatedouro	Solo	585838	9707728
4S	Solo equidistante para o aterro (a 10 m do abatedouro)	Solo	585833	9707728
P2 (5A)	Poço tubular 2 - Norte (desativado)	Água Subterrânea	586.132	9707492
6S	Solo do poço 2 - Norte (desativado)	Solo	586127	9707493
7S	Solo do poço 2 - Norte (desativado a 10 m equidistante ao aterro)	Solo	586123	9707493
P3 (8A)	Poço tubular 3 - Horta	Água Subterrânea	585977	9707534, 864
10A	Água servida para irrigação da horta.	Água Subterrânea	585977	9707534, 864
11A	Água servida para consumo humano (reservatório)	Água Subterrânea	-	-
9S	Solo poço tubular 3 - Horta	Solo	585.982	9707533
12S	Solo poço tubular 3 – Horta (a 10 equidistante ao aterro)	Solo	585.988	9707531
P4 (13A)	Poço tubular 4 – Residencial – centro	Água Subterrânea	585893196	9707252
15A	Água servida pelo poço tubular 4 (reservatório para consumo humano)	Água Subterrânea	585893196	9707252
14S	Solo do poço tubular 4 – Residencial – centro	Solo	585900	9707255
16S	Solo do poço tubular 4 equidistante a 10m do aterro.	Solo	585900	9707246
P5 (17A)	Poço tubular 5 – Oeste (desativado)	Água Subterrânea	585737	9707222
18S	Solo do poço tubular 5 – Oeste (desativado)	Solo	585737	9707222
19S	Solo do poço tubular 5 – Oeste (desativado) a 10m equidistante ao aterro.	Solo	585725	9707224
P6 (20A)	Poço tubular 6 – Residencial Sul.	Água Subterrânea	586018	9706962
TI (A)	Tanque de irrigação	Água Subterrânea	586018	9706962
22A	Poço tubular 6 – Residencial Sul (Reservatório para consumo).	Água Subterrânea	586018	9706962
21S	Solo do poço tubular 6 – Residencial Sul.	Solo	586013	9706965
23S	Solo do poço tubular 6 – Residencial Sul (10m equidistante ao aterro)	Solo	586008	9706964
P7 (25A)	Água servida para consumo – Aterro Sanitário	Água Subterrânea (caixa d'água)	584294	9707034
24S	Solo do Aterro Sanitário	Solo	584567	9707218

Fonte: Organizado e adaptado por Adriano Moura da Rocha (2014)

5.1.5 Período de coleta

O período de coleta foi definido de acordo com a chuva acumulada mensal x chuva (normal climatológica 61-90) e precipitação atmosférica de São Luís (MA) – Ano: 2013. (Figura 16). Dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia– INMET e pela Universidade Estadual do Maranhão – UEMA através dos Laboratórios de Geoprocessamento e Agrometeorologia.

As coletas foram realizadas durante o período de janeiro a novembro do ano de 2014, sendo a primeira coleta realizada em janeiro, referente ao período de transição seco e chuvoso; a segunda em abril/maio correspondendo ao período chuvoso; a terceira em julho referente ao período de transição seco e chuvoso; e a quarta coleta em outubro/novembro no período seco. Os métodos de coleta em campo para colimetria e parasitologia de água e solo foram realizados conforme os procedimentos de coleta do INEA (2011).

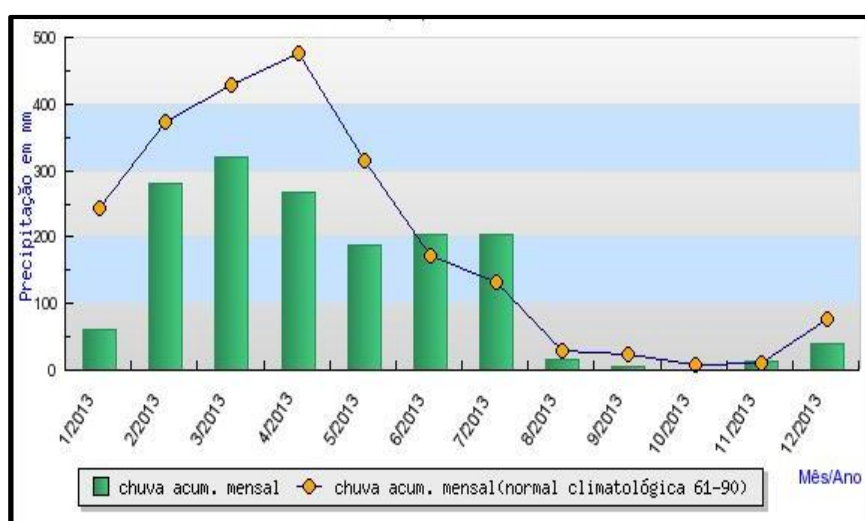


Figura 16 - Chuva acumulada mensal x chuva (normal climatológica 61-90) São Luís (MA) – Ano: 2013. mSão Luís (MA) – Para o ano: 2013

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2013).

5.1.6 Condições ambientais de coleta

Os dados utilizados para avaliação meteorológica foram de três dias que antecederam a coleta, adquiridos do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, sendo os parâmetros computados para Temperatura (°C), Umidade Relativa do Ar (%) e Precipitação (mm). O acesso ao banco de dados foi realizado, após um cadastro no site do INMET (<http://www.inmet.gov.br>). Sendo utilizado o banco de dados a nível nacional, para

estação meteorológica de São Luís – MA (OMM) 82280 com abertura longitudinal em graus (-44,21) e altitude em metros (50,86).

5.2 Metodologia Analítica

Foram realizadas análises físico-químicas do solo e das águas dos poços, análises colimétricas das águas e solo e parasitológicas das águas e do solo. Os laboratórios utilizados para realização de análises das amostras de água e solo foram o Laboratório de Tecnologia de Bebidas e Águas – LTBA do IFMA São Luís Campus Maracanã, Laboratório de Solos da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, Secretaria de Meio Ambiente do Estado - SEMA e Laboratório de Microbiologia do Departamento de Saneamento e Saúde Ambiental - DSSA/ENSP – FIOCRUZ- RJ.

5.2.1 Análises físicas e químicas do solo

As análises foram realizadas de acordo com as metodologias descritas no Manual de Métodos de Análise do Solo (EMBRAPA, 1997), Métodos Laboratoriais de Análises Físico-Químicas e Microbiológicas (MACEDO, 2013) e Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes (SILVA et al., 2009).

5.2.1.1 Parâmetros físicos do solo

Os parâmetros analisados foram: densidade de partículas, densidade do solo, umidade atual, temperatura do solo, composição granulométrica simples (teores de argila, areia e silte) determinada em cada área para caracterização das características físicas do solo (EMBRAPA, 1997).

5.2.1.1.1 Umidade

A amostra foi colocada com ou sem estrutura deformada, em recipiente de alumínio identificada de peso conhecido, pesou-se e transferiu-se para estufa a 105-110°C, por 24 horas. Após o tempo determinado, a amostra foi retirada da estufa e colocada em dessecador, deixou-se esfriar e pesou-se.

$$UG = 100 \times \frac{(a-b)}{b} \quad \text{Equação (1)}$$

UG = umidade gravimétrica

a = peso da amostra úmida (g)

b = peso da amostra seca (g)

5.2.1.1.2 Temperatura do solo

Localizou-se o ponto de amostragem e fez-se uma limpeza superficial e introduziu-se o termômetro devidamente calibrado no solo entre 0a 20 cm de profundidade e após 3 minutos realizou-se a leitura.

5.2.1.1.3 Densidade de partículas (Dp)

Para determinação do valor da densidade de partículas densidade, pesou-se 20g do solo, colocou-se em um recipiente de alumínio de peso conhecido, levou-se à estufa, e deixou-se por 6 a 12 horas. Após esse tempo levou-se ao dessecador e pesou-se, a fim de se obter o peso da amostra seca a 105°C. Transferiu-se a amostra para o balão aferido de 50 mL. Adicionou álcool etílico agitando bem para eliminar as bolhas de ar. Prosseguiu-se com a operação, vagarosamente, até a ausência de bolhas e completou o volume com álcool e anotou-se o volume gasto.

$$DP \left(\frac{g}{cm^3} \right) = \frac{a}{50 - b} \quad \text{Equação (2)}$$

a = Peso da amostra seca a 105°C

b = Volume de álcool gasto

5.2.1.1.4 Densidade do solo (Ds)

Para determinação do valor de densidade do solo, adotou-se o método do anel volumétrico. Determinou-se e anotou-se o volume do anel ou cilindro que contém a amostra. Pesou-se o conjunto e anotou-se o peso, transferiu-se a amostra para uma lata de alumínio numerada e de peso conhecido e pesou-se. Colocou-se na estufa a 105°C e, após 24 e 48

horas, retirou-se, deixou-se esfriar e pesou-se. A densidade foi calculada conforme a equação.

$$\text{Densidade do solo} = (\text{g/cm}^3) = a / b \quad \text{Equação (3)}$$

a = peso a amostra seca a 105°C por 24 a 48 horas.

b = volume interno do anel (100cm³).

5.2.1.1.5 Porosidade total

Para obtenção dos valores de porosidade total, adotou-se a equação 4 descrita a seguir:

$$\text{Porosidade total} = \frac{100(a-b)}{a} \quad \text{Equação (4)}$$

a = densidade de partículas

b = densidade do solo

5.2.1.1.6 Granulometria do solo (dispersão total) – método da pipeta

Amostras foram postas para secar em ambiente seco e ventilado e peneiradas em malha com abertura de 2,00 mm (ABNT n° 10).

O primeiro momento da análise é preparar a amostra secando ao ar, que depois é passada por uma peneira de 2 mm (ABNT n° 10). Pesou-se 20g do solo em um recipiente de plástico de 250 mL e adicionou-se 100 mL de água destilada mais 10 mL da solução normal de hidróxido de sódio agitando-se com bastão de vidro e deixar em repouso por uma noite cobrindo o recipiente. Transferiu-se o conteúdo do recipiente com auxílio de um jato de água, deixando-se o volume em torno de 300 mL. Depois colocou-se o copo no agitador e procedeu-se à agitação durante 15 minutos para solos argilosos e de textura média e 5 minutos para os arenosos.

Passou-se o conteúdo por uma peneira de 53 µm (0,053 mm) colocando-se sobre um funil apoiado em um suporte, tendo logo abaixo uma proveta de 1000 mL ou um cilindro de sedimentação (Koettgen ou outro). Lavou-se o material retido na peneira com água proveniente de um depósito colocado a 3 metros de altura, de modo a se obter uma pressão uniforme na mangueira e uma lavagem eficiente e rápida das areias. Completou-se o volume do cilindro até o aferimento, com auxílio de uma pisseta. Agitou-se a suspensão durante 20

segundos com bastão, tendo este, na sua extremidade inferior, uma tampa de borracha contendo vários furos e de diâmetro um pouco menor do que o do cilindro ou proveta marcando o tempo após concluir a agitação.

Preparar uma prova em branco (sem o solo) colocando o dispersante (100 mL da solução de hidróxido de sódio normal (NaOH N) mais 100 mL de água destilada) utilizado em proveta de 1000 mL. Completou-se o volume, agitou-se por 20 segundos e marcar o tempo. Mediu-se a temperatura da prova em branco e da amostra, verificando-se na tabela 23 o tempo de sedimentação da fração argila para 5 cm de profundidade. Calculando-se o tempo, introduziu-se uma pipeta de 50 mL colocada em um pipetador, até a profundidade de 5cm, e coletar a suspensão.

Transferiu-se para cápsula de porcelana, ou béquer numerado e de peso conhecido, juntamente com a porção proveniente da lavagem da pipeta. Repetiu-se esta operação para a prova em branco. Colocou-se a cápsula na estufa e deixou-se durante uma noite ou até evaporar completamente a suspensão. Retirou-se, colocou-se em dessecador, deixou-se esfriar e pesou-se com aproximação de 0,0001g, concluindo, assim, a determinação da argila e do resíduo da prova em branco.

Completou-se a lavagem da areia retida na peneira de 0, 053 mm com jato forte de água da torneira. Transferiu-se a fração areia para o recipiente de alumínio numerada e de peso conhecido, eliminou-se o excesso de água e colocou-se na estufa. Após secagem (3 a 5 horas), deixou-se esfriar e pesou-se, com aproximação de 0,05g, obtendo-se assim o peso da areia grossa + areia fina. Transferiu-se essa fração para peneira de 20cm de diâmetro e malha 0,2 mm, (nº 70), colocada sobre recipiente metálico de mesmo diâmetro, e proceder à separação da areia grossa. O cálculo dos valores das frações pode ser calculado de acordo com as expressões da (Equação 5, 5.1, 5.2 e 5.3).

$$\text{Teor de argila} = [\text{argila (g)} + \text{dispersante (g)}] - \text{dispersante (g)} \times 1000 \quad \text{Equação (5)}$$

$$\text{Teor de areiafina} = \text{areiafina} \times 50 \quad \text{Equação 5.1}$$

$$\text{Teor de areia grossa} = [\text{areiafina(g)} + \text{areia grossa(g)}] - \text{areiafina} \times 50 \quad \text{Equação 5.2}$$

$$\text{Teor de silte} = 1000 - [\text{argila (g)} + \text{areia fina(g)} + \text{areia grossa (g)}] \quad \text{Equação 5.3}$$

Tabela 23 - Cálculo do tempo de sedimentação da argila (fração menor que 0,002 mm de diâmetro), em suspensão aquosa, para uma profundidade de 5cm, a diversas temperaturas, de acordo com os dados constantes.

Temperatura (°C)	Tempo	Temperatura (°C)	Tempo
25	3h 33'	30	3h 10'
26	3h 28'	31	3h 07'
27	3h 24'	32	3h 03'
28	3h 19'	33	2h 58'
29	3h 15'	34	2h 55'

Fonte: EMBRAPA (1997).

5.2.1.2 Parâmetros químicos do solo

Os parâmetros químicos analisados foram: pH solo em CaCl_2 , carbono orgânico, matéria orgânica, determinação de alumínio trocável (Al^{3+}) e condutividade elétrica do solo para cada ponto determinado das regiões (MACEDO,2013).

5.2.1.2.1 Matéria orgânica

Triturou-se em gral de porcelana aproximadamente 20g de solo e passou-se por uma peneira de 80 mesh. Pesou-se 0,5g do solo triturado e transferiu-se para um erlenmeyer de 250 ml. Adicionou-se 10 mL da solução de dicromato de potássio 0,4N. Colocou-se um tubo de ensaio de 25 mm de diâmetro e 250 mm de altura cheia de água na boca do erlenmeyer, funcionando este como condensador. Aqueceu-se em placa elétrica até a fervura branda, durante 5 minutos. Retirou-se da chapa e deixou-se esfriar, depois se colocou 80 mL de água destilada, 2 mL de ácido ortofosfórico 85% p.a e 3 gotas do indicador difenilamina. Titulou-se com a Solução de Sulfato ferroso amoniacal 0,1N até que a cor azul desapareça, cedendo lugar para cor verde. Anotou-se o volume gasto. Também foi realizado um branco com 10 mL da solução de dicromato de potássio, anotando o volume gasto de sulfato ferroso amoniacal 0,1N. Para determinação do fator (f) utiliza a razão $f = 40/\text{volume de sulfato ferroso gasto na prova em branco}$. A porcentagem de matéria orgânica é calculada multiplicando-se o resultado do carbono orgânico por 1,724 que é utilizado em virtude de se admitir que, na composição média do húmus, o carbono participa com 58%.

$$\text{Carbono orgânico} \left(\frac{g}{kg} \right) = [40 - (\text{Volume gasto} \times f)] \times 0,6 \quad \text{Equação (6)}$$

$$\text{Matéria orgânica} \left(\frac{g}{kg} \right) = C \left(\frac{g}{kg} \right) \times 1,724 \quad \text{Equação 6.1}$$

5.2.1.2.2 pH em CaCl₂

Colocou-se 10 mL de solo em um recipiente de plástico de 100 mL e adicionou-se 25mL da Solução de Cloreto de cálcio 0,01M. Agitou-se a amostra com bastão de vidro e deixou-se em repouso por uma hora. Após o tempo determinado introduziu-se o eletrodo na suspensão e procedeu-se a leitura do pH. O equipamento foi calibrado antes com as soluções tampão 4,0 e 7,0 (EMBRAPA, 1997).

5.2.1.2.3 Alumínio trocável

Extração: pesou-se 7,5g de solo e colocou-se em um erlenmeyer de 250 mL e adicionando-se 150 mL de solução de Cloreto de potássio normal (KCl N). Fechou-se com uma rolha de borracha e agitou-se com movimentos circulares, evitando molhar a rolha; repetiu-se essa operação várias vezes ao dia. Depois da última agitação, desfazer o montículo que se forma na parte central do fundo do erlenmeyer e deixou-se em repouso durante uma noite. Pipetou-se para os erlenmeyer de 250 mL duas alíquotas de 50 mL da parte sobrenadante da solução, adicionou-se 3 gotas de azul de bromotimol 0,1% e titulou-se com a solução de Hidróxido de sódio 0,025N padronizado até a coloração verde-azulada (azul) persistente. O alumínio trocável foi determinado conforme a equação.

$$\text{Alumínio trocável} \left(\frac{cmol_c}{kg} \right) = \text{ml gasto de NaOH} \quad \text{Equação (7)}$$

5.2.1.2.4 Condutividade elétrica do extrato aquoso do solo

Pesou-se 100g de TFSA do solo, adicionou-se 100mL de água destilada ou deionizada, agitou-se manualmente por 30 segundos a cada meia hora, cinco vezes durante 2 horas. Após o tempo filtrou-se lentamente com papel de filtro (Whatman n°42) e procedeu-se a leitura no condutivímetro, repetindo o procedimento por 3 vezes. O eletrodo foi imerso no extrato aquoso do solo (MACEDO, 2013).

5.2.2 Análises físico-químicas das águas dos poços tubulares

Foram realizadas de acordo com as metodologias descritas pelo Manual do Meio Ambiente da Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente – FEEMA - RJ e Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB. Para a pesquisa os parâmetros analisados foram:

- a) Físicos: cor, turbidez e temperatura;
- b) Químicos: pH, condutividade elétrica, gás carbônico livre, alcalinidade total, dureza total, cloretos, oxigênio dissolvido, sólidos totais dissolvidos, cloro residual livre e salinidade.

5.2.2.1 Parâmetros físicos

5.2.2.1.1 Temperatura

Realizado no momento da coleta por termômetro químico de mercúrio devidamente calibrado e faixa -10°C a 110°C e graduação de $0,1^{\circ}\text{C}$. O termômetro é introduzido na amostra e depois de atingido o equilíbrio térmico foi realizado a leitura (FEEMA, 1983).

5.2.2.1.2 Cor

Na determinação da cor, liga-se o equipamento e após 20 minutos, faz-se a calibração de acordo com o manual do fabricante. Coloca-se a amostra na cubeta limpa e seca e realiza-se a leitura em unidade de cor (uC). O equipamento utilizado foi o AquaColor da Marca PoliControl.

5.2.2.1.3 Turbidez (Método Nefelométrico)

Na determinação da turbidez, ligou-se o equipamento e após 20 minutos, fez-se a calibração de acordo com o manual do fabricante. Colocou-se a amostra na cubeta limpa e seca e realizou-se a leitura em Unidade Nefelométrica de Turbidez (NTU). O equipamento utilizado foi o Turbidímetro Modelo AP-2000 IR da Marca PoliControl.

5.2.2.2 Parâmetros químicos

5.2.2.2.1 pH

Ligar o equipamento e após 20 minutos, realizar a calibração de acordo com o manual do fabricante, com as soluções tampões pH= 4,0 e pH=7,0. Colocar 30ml da amostra, introduzir o eletrodo, aguardar que a leitura se estabilize e realizar a leitura. O equipamento utilizado foi o pH-Metro de bancada de marca MS-TECNOPOM.

5.2.2.2.2 Condutividade elétrica

Na determinação da condutividade elétrica, liga-se o equipamento e após 20 minutos, faz-se a calibração de acordo com o manual do fabricante. Coloca-se 30 mL da amostra e realiza-se a leitura em microSiemens (μS). O equipamento utilizado para análise foi o CON - 510 Conductivity/TDS/ $^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{F}$ meter – Marca OAKTON.

5.2.2.2.3 Alcalinidade total

Mediu-se 100 mL da amostra a ser analisada com uma pipeta volumétrica de 100 mL e transferiu-se para um erlenmeyer de 250 mL colocando 3 gotas da solução de fenolftaleína 1%. Fez-se uma prova em branco colocando outro erlenmeyer com água destilada e 3 gotas de fenolftaleína. Se a primeira amostra se tornar rósea, titular com a solução de ácido sulfúrico 0,02N padronizada até o descoramento do indicador. Anotar o volume gasto como “F”. Adicionar a cada frasco 3 gotas da solução de metilorange 0,2%, à prova em branco, 1 gota de ácido 0,02N (esta adquirirá cor vermelho laranja, que servirá como padrão. Se a amostra se tornar amarela, prossiga a titulação com a solução de ácido sulfúrico 0,02N até a que a cor da mesma se iguale a da prova em branco. Anotar o volume gasto com “M”. Será realizado três determinações, o volume para os cálculos é a média das titulações (MACEDO, 2013).

$$\text{Alcalinidade total (mg. L}^{-1}\text{CaCO}_3\text{)} = T \times 10 \times fc \quad \text{Equação (8)}$$

T = Volume total da titulação da solução de Ácido sulfúrico 0,02N gasto com a fenolftaleína e metilorange (T = F + M).

fc = fator de correção da solução de Ácido sulfúrico 0,02N

5.2.2.2.4 Cloretos - Método de Mohr

Foram medidos 50 mL da amostra e transferida para um erlenmeyer de 125 mL (amostras com alto teor de cloretos, diluir a amostra para 50 mL). Eliminar os interferentes se necessário. Adicionou-se 1mL da solução de Cromato de potássio e titulou-se com a solução de Nitrato de prata 0,0141N até uma coloração amarelo alaranjado. Foi realizado um ensaio em branco para melhor visualização do ponto viragem (FEEMA, 1983).

$$Cl^{-}(mg.L^{-1}) = \frac{(A-B) \times N \times 35459}{ml \text{ da amostra}} \quad \text{Equação (9)}$$

A = mL da Solução de Nitrato de Prata 0,0141N gasto na amostra;

B = mL da Solução de Nitrato de Prata 0,0141N gasto no branco;

N = Normalidade da Solução de Nitrato de Prata 0,0141N.

5.2.2.2.5 Gás carbônico livre

Transferiu-se com cuidado 100 mL de amostra (sem agitar) para um erlenmeyer de 250 mL e adicionou-se 10 gotas de solução de fenolftaleína 0,5%, se colorir, não contém CO₂, se não colorir, prosseguir e titular com a solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,02 N padronizada gota a gota até o aparecimento de leve coloração rósea persistente por pelo menos 30 segundos. Anotar o volume (mL) da solução de hidróxido de sódio (NaOH) gasto como (V) e aplicar a equação para os cálculos (FUNASA,2006).

$$CO_2 (mg.L^{-1}) = V \times 10 \times fc \quad \text{Equação (10)}$$

V = volume gasto da Solução de Hidróxido de sódio 0,02N

fc = fator de correção da Solução de Hidróxido de sódio 0,02N

5.2.2.2.6 Dureza total

Transferir 25 mL da amostra e diluir para 50 mL com água destilada em balão volumétrico depois transferir para um becker de 100 mL e adicionar 1 a 2 mL da solução tampão para elevar o pH a $10 \pm 0,1$. Transferir para um erlenmeyer de 250 mL e adicionar aproximadamente 0,05 gramas do Indicador eriochrome black T. Titular com a solução de EDTA 0,01M padronizada agitando continuamente até o desaparecimento da cor púrpura

avermelhada e o aparecimento da cor azul (final da titulação). Anotar o volume de EDTA gasto em (mL) e fazer um branco com água destilada. Subtrair o volume de EDTA gasto na titulação do branco do volume de EDTA gasto na titulação da amostra. A diferença é o volume que será aplicado na equação (FUNASA, 2006).

$$Dureza\ total\ (mg.L^{-1}\ CaCO_3) = \frac{ml\ de\ EDTA\ x\ 1000\ x\ fc}{ml\ de\ amostra} \quad \text{Equação (11)}$$

5.2.2.2.7 Salinidade - método de Mohr-Knudsen

A forma utilizada para mensurar a salinidade foi através da determinação da concentração de íons cloretos na água expressa em $mg.L^{-1}$ para baixa salinidade conforme a equação (MACEDO, 2005).

$$Salinidade\ (\text{‰}) = \frac{[30 + 1,805 \times (Cl^{-})]}{1000} \quad \text{Equação (12)}$$

5.2.2.2.8 Cloro residual livre

A determinação do cloro residual livre foi realizado pelo Método Colorimétrico - DPD, com comparador de disco 0,1 a 2,0 $mg.L^{-1}$ Cl_2 - MColortest™ - Merck.

5.2.2.2.9 Sólidos totais dissolvidos (TDS)

Na determinação dos sólidos totais dissolvidos ligou-se o equipamento e após 20 minutos, fez-se a calibração de acordo com o manual do fabricante. Colocou-se 30 mL da amostra e realizou-se a leitura em $mg.L^{-1}$. O equipamento utilizado para análise foi o CON - 510 Conductivity/TDS/°C/°F meter – Marca OAKTON.

5.2.2.2.10 Oxigênio dissolvido

Na determinação do oxigênio dissolvido utilizou-se o Oxímetro Starter – 300 D-OHAUS. Ligou-se o equipamento e após 10 minutos, realizou-se a calibração de acordo com o manual do fabricante. Colocou-se 100 mL da amostra em um béquer de 500 mL, introduziu-se o eletrodo, aguardando a leitura estabilizar para realização da leitura.

5.2.3 Análise colimétrica das águas dos poços tubulares e do solo

5.2.3.1 Análise colimétrica da água

Foi utilizado o método do substrato cromogênico Colilert® Quanti-Tray 2000 da IDEXX para detecção ou contagem de coliformes totais e *E.coli* em água. As coletas foram realizadas por meio de coletores plásticos próprios do kit, estéreis, e com marcadores de nível para não exceder o volume padrão de 100 ml. Cada amostra foi exposta ao reagente específico passando por agitação para dissolução do reagente, podendo a amostra ser diluída ou não, onde será transferida para cartela, selada e em seguida levada para estufa bacteriológica 35°C (com variação permitida entre 33 °C a 37 °C) por 24 horas.

Os resultados foram quantificados através da tabela estatística do Número Mais Provável - NMP do sistema Quanti-Tray 2000. O meio Colilert contém os nutrientes ONPG (o-nitrofenil- β -D-galactopiranosídeo) e MUG (4-metil-umbeliferil- β -D-glucoronídeo). As enzimas específicas e, portanto características dos coliformes totais (β -Galactosidade) e da *E.coli* (β -Glucoronidase e β -Galactosidade) ao metabolizarem os nutrientes, causam a liberação do radical orgânico cromogênico, e como consequência, a amostra passa a apresentar uma coloração específica amarela para coliformes totais (ONPG) e fluorescência (na presença de luz ultravioleta a 365 nm) para *E. coli* (MUG e ONPG).

Poços com coloração amarela indicam presença de coliformes totais. A presença de brilho azulado intenso após a exposição destes poços à luz ultravioleta indica a presença da bactéria *E. coli* (Figura 17) (APHA, 2004).

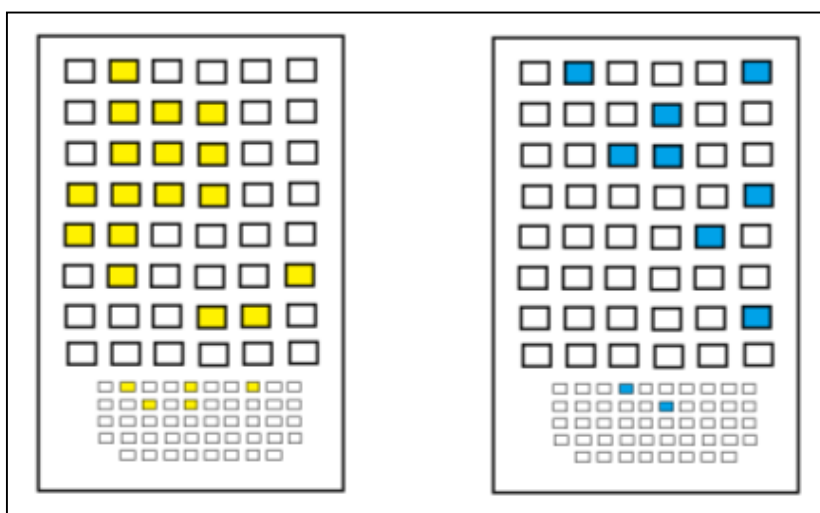


Figura 17 – Mudança de coloração quando os substratos são degradados ONPG (coloração amarela) e MUG (coloração azul).

Fonte: Modificado de IDEXX Laboratories (2014).

5.2.3.2 Análise colimétrica do solo

Para determinação microbiológica do solo coletou-se aproximadamente 100g do solo para um recipiente de vidro GL 45 de 250 mL estéril com temperatura máxima para autoclavagem de até 140°C. Pesou-se aproximadamente 100g da amostra do solo e transferiu-se para um erlenmeyer de 500 mL estéril. Adicionou-se 200 mL da água de diluição estéril ao recipiente, agitou-se bem, fechou-se com papel alumínio e deixou em repouso por 30 minutos. Após esse tempo, retirou-se 1mL do sobrenadante e diluiu-se em 99mL da água de para primeira diluição. Dessa diluição retirou-se 1mL e diluiu-se para 99mL de água para segunda diluição. Adicionou-se a cada diluição o substrato cromogênico Colilert® Quanti-Tray 2000 da IDEXX e realizou-se uma leve agitação até a dissolução total do substrato. Transferiu-se o líquido para cartela devidamente identificada e levou-se para seladora, só então as cartelas foram para estufa bacteriológica a uma temperatura de 35°C (com variação permitida entre 33 °C a 37 °C) por 24 horas. Após esse tempo as cartelas foram retiradas e contadas às cavidades grandes e pequenas com coloração amarelas para contagem de coliformes totais e para *E. coli*, as cartelas foram levadas para lâmpada ultravioleta a 365 nm para contagem das cavidades grandes e pequenas com coloração azul fluorescente. Foi realizada uma prova em branco para água de diluição.

5.2.4 Análise parasitológica do solo e da água dos poços

As técnicas utilizadas foram: de Lutz (1919), devido à simplicidade, rapidez e baixo custo. Este método permite o encontro de ovos, cistos de protozoários e larvas de helmintos no solo. E de Baermann-Moraes (1917) para nematóides. As técnicas que foram utilizadas foram adaptadas para melhor aproveitamento das amostras do solo e da água. As amostras de água foram analisadas após desfazer toda a manta do elemento filtrante utilizado na filtração da água (Figura 18), segundo técnica descrita em (AMARAL, 2012).



Figura 18 - Elemento filtrante sendo cortado e desenrolado para liberação dos ovos e larvas de parasitos retidos na manta

Fonte: Arquivo pessoal (2014)

5.2.4.1 Técnica de Lutz (1919) - Sedimentação espontânea

Transferiu-se cerca de 100 g do solo (variação média de $100,0345 \pm 0,0149$) para um recipiente de vidro com 100 mL de detergente neutro comercial a 0,5%. Agitou-se vigorosamente a solução por 5 minutos deixando em repouso para a total decantação do substrato. O sobrenadante foi filtrado em gazes dobradas para um cálice de sedimentação tendo seu volume completado até 250 mL com água destilada.

Esta suspensão ficou em repouso por 2 h. Descartou-se o líquido sobrenadante até um volume próximo ao sedimento. Transferiu-se para um tubo tipo falcon de 15 mL para uma nova sedimentação (10 minutos). Pipetou-se 50 μ L do material para uma lâmina e acrescentou-se uma gota da solução de Lugol 2% e fez-se a observação no microscópio, utilizando aumentos de 100 e 400x (Figura 19).



Figura 19 – Técnica de Lutz
Fonte: Arquivo pessoal (2014)

5.2.4.2 Técnica de Baermann-Moraes Modificada

Pesou-se 40 g do solo (variação média $40,0399 \pm 0,0148$) e colocou-se em gazes dobradas sobre peneira de polipropileno no interior de um cálice de sedimentação. Acrescentou-se cerca de 180 mL de água destilada aquecida a 45°C , de maneira a cobrir a amostra.

Deixou-se o material ficar em repouso por 2 h. O sobrenadante é desprezado recuperando cerca de 2 mL depositados no fundo do cálice. Transferiu-se para um tubo tipo falcon de 15 mL para uma nova sedimentação (10 minutos). Pipetou-se 50 μL do material para uma lâmina e acrescentou-se uma gota de solução de lugol 2% e lavou-se para o microscópio (Figura 19).



Figura 20 – Técnica Baermann-Moraes Modificada
Fonte: Arquivo pessoal (2014)

6 TRATAMENTOS ESTATÍSTICOS DOS DADOS

Os valores resultantes das análises físicas e químicas das amostras de solo e de água coletadas nos pontos amostrais por região foram submetidos à estatística descritiva, obtendo-se as médias e desvios-padrões dos pontos amostrais para as regiões utilizando o programa BioEstat.

Os dados relacionados com os níveis de coliformes totais (CT) e de *E. coli* (EC) encontrados nas amostras de água dos poços foram comparados com os padrões definidos nas resoluções do CONAMA N° 396/2008 – Água Subterrânea e pela Portaria N° 2.914/2011 – Ministério da Saúde, considerando os limites máximos aceitáveis para uso como água de recreação e potável, respectivamente. E os níveis desses em solos foram comparados com os padrões definidos na resolução editada pela SMAC, N° 468/2010, considerando o limite máximo aceitável para contato primário em área de recreação.

Os dados das análises colimétricas, assim como da ocorrência de parasitos foram inseridos em planilhas do Microsoft Office Excel 2007, sendo consideradas as massas em grama de solo assim como o volume em mililitro que participaram das diluições, sendo essas consideradas nos respectivos cálculos matemáticos.

Foram realizadas correlações estatísticas de Pearson entre os dados médios representativos para os níveis de contaminação de colimetria com os de contaminação parasitária e correlações entre as médias dos níveis de coliformes totais (CT) e *E.coli* (EC) com os das análises físicas e químicas das amostras de solo. Foram elaborados gráficos com os dados médios dos níveis de contaminação representativos do monitoramento ao longo das estações do ano (transição seco-chuvoso; chuvoso; transição chuvoso-seco e seco) com bases nas análises de dados utilizando o programa SigmaPlot 11.0.

Para realizar a correlação de Pearson, foi utilizada a metodologia descrita em Amaral (2012) para considerar os níveis de risco para solo e água, de 10, 8, 5 e 1, quando os níveis colimétricos encontrados estiverem na faixa de “EXCELENTE” ou “PRÓPRIA PARA CONSUMO”, segundo padrões SMAC/CONAMA, e MS, respectivamente, será atribuído valor 10; quando estiver na faixa de “MUITO BOA”, segundo SMAC/CONAMA, será valor 8; quando “SATISFATÓRIA” OU “REGULAR”, valor 5; e para faixa de “IMPRÓPRIA”, valor de 1. Para as condições parasitárias serão atribuídos valores de 5, 1 e 0: quando obtiver resultados positivos simultaneamente em pelo menos 2 testes parasitológicos (Lutz e Baermann-Moraes), será atribuído valor 5; quando somente um resultado positivo, valor de 1 e quando nenhum resultado positivo será o valor zero.

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 Análises Físicas e Químicas do Solo

7.1.1 Análise física do solo – composição granulométrica

Tabela 24 – Variação média da composição granulométrica das amostras coletadas da camada superficial (0 – 20 cm) do solo da Comunidade do Cinturão Verde.

Regiões	Areia grossa (2,0-0,2mm)	Areia fina (0,02-0,05mm)	Silte (0,05- 0,002mm)	Argila (<0,002mm)	Silte/Argila	Classe textural
------(%)-----						
1	13,00±2,46	66,25±0,79	10,00±2,38	10,75±2,38	0,96±0,57	Areia franca
2	17,75±2,00	65,75±3,52	10,00±1,29	11,00±1,29	0,49±0,32	Areia franca
3	15,25±7,94	64,00±4,30	9,25±4,00	11,50±4,00	0,82±0,31	Areia franca
4	14,50±1,99	66,75±1,52	6,25±3,04	12,50±3,04	0,53±0,50	Areia franca
5	11,75±2,00	71,25±2,71	4,75±0,79	12,25±0,79	0,38±0,25	Areia franca
6	14,50±3,78	66,75±2,38	7,00±2,71	11,75±2,17	0,63±0,48	Areia franca
7	15,00±2,59	65,75±2,38	5,25±3,04	11,50±3,04	0,45±0,41	Areia franca

Fonte: Elaborado pelo Autor (2015)

Conforme a EMBRAPA (2003), solos de textura arenosa possuem teores de areia superiores a 70% e o de argila inferior a 15%; são permeáveis, leves, de baixa capacidade de retenção de água e de baixo teor de matéria orgânica. A média da proporção de areia fina das regiões dos quatro períodos foi de 66,64±2,07 e argila de 11,60±0,58, portanto, inferior a 15% da fração argila. A relação silte/argila, geralmente é utilizada como indicativo do grau intemperismo do solo e também permite avaliar se há movimentação de argila no perfil (EMBRAPA, 1979). De modo geral a relação silte/argila encontrada nas regiões foi menor que 1,0. Vale ressaltar que a relação silte/argila maior que 1,0, refere-se a um indicativo de solos jovens. Pereira, Ker e Almeida (2012), em estudo da qualidade de solos cultivados com Eucalipto na região central de Minas Gerais, encontraram resultados de silte+argila que ultrapassam 80%, e com relação silte/argila em média de 1,1. Esta é a realidade da maioria dos solos do semiárido, uma vez que a água, principal agente intemperizador é escassa, favorecendo essa variação de classes de solos menos evoluídos na região.

Os atributos morfológicos dos solos refletem a influência marcante do material de origem e da posição topográfica. Essas características são próprias de cada localidade, necessitando, portanto do entendimento do solo como um corpo natural que possui variação de acordo com as condições do meio e que se origina a partir da inter-relação dos fatores de formação e sob a ação dos processos pedogenéticos (BOCKHEIM et al., 2005). Analisando a tabela 24, a constituição e classificação textural do solo estudado, observa-se a predominância da classe textural fração areia franca; portanto os solos das regiões estudadas foram classificados como areia franca de acordo com os dados de sua composição granulométrica.

7.1.2 Análise física do solo – densidade, porosidade e condutividade.

Tabela 25 - Caracterização física das amostras da camada superficial de solo coletadas na comunidade Cinturão Verde.

Parâmetros	Região 1	Região 2	Região 3	Região 4	Região 5	Região 6	Região 7
	X±DP	X±DP	X±DP	X±DP	X±DP	X±DP	X±DP
Densidade do solo (g/cm ³)	1,54±0,33	1,57±0,36	1,55±0,21	1,5875±0,22	1,53±0,31	1,54±0,30	1,55±0,35
Densidade de partículas (g/cm ³)	2,63±0,11	2,64±0,06	2,64±0,17	2,69±0,08	2,66±0,15	2,63±0,12	2,69±0,09
Porosidade total (%)	59,25±4,92	58,25±6,91	57,25±5,78	55,25±8,84	58,75±3,01	57,75±6,67	57,50±3,78
Condutividade a 25°C (mS/cm)	0,083±0,015	0,075±0,038	0,060±0,022	0,098±0,057	0,078±0,046	0,077±0,008	0,065±0,020

Fonte: Elaborado pelo Autor (2015)

Conforme Kaiser (2010), valores de densidade do solo entre 1,70 a 1,80 g.cm⁻³, para classe textural franco arenoso são restritivos ao crescimento as raízes das culturas agrícolas, variando conforme a classe textural do solo. No trabalho realizado por Medeiros et.al. (2013), sobre a caracterização física e química de solos sob pecuária bovina no semiárido do Seridó – RN, em 16 amostras de solos do tipo Luvisolos crômico e Neossolo flúvico com estrutura indeformada e deformada, em 6 perfis com profundidades variando de 0 – 60 cm, os solos coletados em profundidades de 0 a 20 cm tiveram como resultados a granulometria classificada como areia franca, semelhante a encontrada na Comunidade do Cinturão Verde a mesma profundidade. Os demais atributos físicos dos solos apresentados na tabela 25, à variação média da densidade do solo, partículas e porosidade, refletem as condições do estado atual do solo. A porosidade total determina o volume total de poros ocupado pela água e/ou

ar. Com relação aos resultados por região, a que apresentou maior porosidade foi a região 1 (poço tubular 1), variação média de $(59,25 \pm 4,92)$ e de menor porosidade a região 4 (poço tubular 4) $(55,25 \pm 8,84)$. A média da porosidade total de todas as regiões foi $57,71 \pm 1,28$, portanto observa-se pequena variação com relação à porosidade.

7.1.3 Análise química do solo

Tabela 26 - Variação média dos períodos de transição seco/chuvoso das regiões

Parâmetros	Região 1	Região 2	Região 3	Região 4	Região 5	Região 6	Região 7
	X±DP	X±DP	X±DP	X±DP	X±DP	X±DP	X±DP
Temperatura do solo (°C)	31±2,22	32±1,90	33,3±2,70	30,25±2,06	31,5±18,86	31,5±0,95	33,0±0,89
Umidade Atual (%)	7,04±1,11	8,87±3,66	5,43±1,06	6,66±1,81	6,11±0,41	6,27±1,86	5,10±0,001
pH (em CaCl ₂)	5,0±0,44	5,28±0,63	5,28±1,25	5,55±1,92	4,70±2,51	4,83±0,52	5,75±0,62
Matéria Orgânica (g/Kg)	12,88±3,32	22,08±3,40	11,17±6,21	13,80±3,35	17,08±62,41	11,23±2,71	4,52±7,49
Alumínio Trocável (cmol.Kg ⁻¹)	0,2±0,06	0,15±0,09	0,23±0,08	0,13±0,12	0,30±0,002	0,25±0,15	0,35±0,62

Fonte: Elaborado pelo Autor (2015)

Tabela 27 - Variação média do período chuvoso das regiões

Parâmetros	Região 1	Região 2	Região 3	Região 4	Região 5	Região 6	Região 7
	X±DP	X±DP	X±DP	X±DP	X±DP	X±DP	X±DP
Temperatura do solo (°C)	27,3±6,68	30,0±2,86	30,5±0,95	32,8±1,59	30,0±12,57	31,8±2,70	31,5±6,28
Umidade Atual (%)	15,61±2,67	12,57±2,57	17,73±6,74	13,32±6,8	12,46±33,54	14,36±3,44	14,17±0,001
pH (em CaCl ₂)	6,33±0,89	7,03±0,60	6,55±0,33	6,68±2,00	5,25±3,14	4,83±0,52	6,65±0,62
Matéria Orgânica (g/Kg)	15,36±0,80	13,82±18,70	20,91±82,49	17,78±16,43	17,07±66,16	15,98±5,82	7,93±2,19
Alumínio Trocável (cmol.Kg ⁻¹)	0,05±0,00	0,05±0,00	0,20 ±0,00	0,128±0,12	0,15±0,62	0,10±0,113	0,25±0,63

Fonte: Elaborado pelo Autor (2015)

Tabela 28 - Variação média do período chuvoso/seco das regiões

Parâmetros	Região 1	Região 2	Região 3	Região 4	Região 5	Região 6	Região 7
	X±DP	X±DP	X±DP	X±DP	X±DP	X±DP	X±DP
Temperatura do solo (°C)	34±1,90	40,8±3,50	39,3±2,38	39,5±5,25	32±0,00	43,5±2,06	42,5±6,28
Umidade Atual (%)	7,21±8,74	1,04±0,75	0,91±0,89	1,01±1,38	2,50±2,02	4,08±7,92	10,08±0,26
pH (em CaCl ₂)	4,57±0,35	5,50±0,76	5,63±1,18	4,91±0,54	5,01±5,33	5,43±0,64	5,44±0,64
Matéria Orgânica (g/Kg)	23,66±4,93	24,43±6,63	10,49±7,41	18,09±13,38	14,70±15,30	24,76±8,28	11,12±12,99
Alumínio Trocável (cmol.Kg ⁻¹)	0,09±0,05	0,08±0,06	0,05±0,00	0,06±0,04	0,10±0,00	0,05±0,00	0,07±0,31

Fonte: Elaborado pelo Autor (2015)

Tabela 29 - Variação média do período seco das regiões

Parâmetros	Região 1	Região 2	Região 3	Região 4	Região 5	Região 6	Região 7
	X±DP	X±DP	X±DP	X±DP	X±DP	X±DP	X±DP
Temperatura do solo (°C)	31,8±2,06	33,3±2,06	32±0,00	34±0,00	32,5±6,28	32,5±0,95	32,5±6,28
Umidade Atual (%)	9,40±2,55	12,03±6,65	7,19±1,86	9,66±3,44	9,84±4,66	13,08±3,76	23,36±0,69
pH (em CaCl ₂)	5,33±1,46	5,42±0,34	5,43±0,97	4,93±1,00	4,90±2,54	5,22±0,39	7,06±0,76
Matéria Orgânica (g/Kg)	18,43±4,90	23,77±16,44	13,28±11,22	17,19±9,49	11,71±2,30	24,30±8,28	5,43±0,36
Alumínio Trocável (cmol.Kg ⁻¹)	0,09±0,04	0,07±0,05	0,10±0,15	0,11±0,10	0,05±0,00	0,10±0,00	0,07±0,31

Fonte: Elaborado pelo Autor (2015)

Os valores de pH do solo nos períodos estudados conforme as tabelas 26, 27, 28 e 29, no P-S/C, a variação média mínima foi 4,70±2,51 na R5 e a máxima de 5,75±0,62. No P-C, a variação média mínima foi 4,83±0,52 na R6 e máxima de 7,03±0,60 na R2. No P-C/S, a variação média mínima foi de 4,57±0,35 na R1 e máxima de 5,63±1,18 na R3. No P-S, a variação média mínima foi de 4,90±2,54 na R5 e máxima de 7,06±0,76 na R7.

A pesquisa mostrou que a variação da média dos valores de pH do solo nos períodos estudados conforme a tabela 26, 27, 28 e 29, no P-S/C foi de 5,19±0,35 o mínimo e o máximo de 6,19±0,75 para o P-C. Portanto o pH do solo das regiões durante o P-C, pode ser considerado como acidez muito baixa conforme ITOGRASS (2012) e o P-S/C como muito ácido. Estudo realizado por Bertalot (1997) com sistemas agroflorestais de dois anos de idade em Botucatu - SP, relata valores de pH variando de 4,9 a 5,5 na profundidade de 0-20 cm, valores muito próximos ao encontrado no solo do Cinturão Verde durante o P-S (5,47±0,67).

Em outro trabalho, Vasconcelos (2010) obteve resultados semelhantes estudando os sistemas agroflorestais no município de Igarapé-açu, com o pH variando de 4,8 a 5,28. Esses valores segundo ITOGRASS (2012) são classificados muito ácidos e semelhantes ao encontrado no P-C/S ($5,21 \pm 0,36$). A variação média do pH do solo das regiões durante os períodos, foram maiores no P-C ($6,19 \pm 0,75$). Esses valores são semelhantes aos encontrados por Sena (2006) em estudos com sistemas agroflorestais realizados em Marituba – PA em períodos chuvoso.

O alumínio trocável não é desejável no solo pela sua toxidez às plantas e em uma agricultura de alto nível de tecnologia, é inaceitável a presença desse elemento no solo. Conforme a tabela 6, aos teores de Al trocável no solo das regiões estudadas foram $< 0,5$ $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$, portanto considerado baixo. Nas condições de solos com pH alcalino (pH em água ou em CaCl_2 menor ou igual a 7,0), pode-se observar ausência de alumínio trocável. Portanto observando o P-S da região 7, a variação média do pH foi $7,06 \pm 0,76$ e Al trocável de $0,07 \pm 0,31$.

Os menores valores dos teores de Al trocável foram encontrados nos períodos P-C ($0,05 \pm 0,00$) regiões R1 e R2, P-C/S ($0,05 \pm 0,00$) regiões R3 e R6, P-S ($0,05 \pm 0,00$) região R5. Os maiores valores foram encontrados no período P-S/C nas regiões R5 ($0,30 \pm 0,002$) e R7 ($0,35 \pm 0,62$) o ponto controle.

Os solos amostrados na profundidade de 0 a 20 cm apresentaram baixo teor de alumínio (Al), as demais amostras apresentaram teores variando entre 0,05 a 0,35 (Tabelas 26, 27, 28 e 29).

A umidade do solo é um parâmetro muito importante no estudo e modelagem nos diferentes processos hidrológicos, ambientais e agrônômicos (TSEGAYE et al., 2004). A umidade dá uma ideia das condições hídricas que se encontra o solo, pode ajudar na redução de custos em relação à água, possibilita aplicações controladas e pontuais da mesma, dependendo do tipo de cultura. A região R3 durante o P-C/S foi a que apresentou a menor umidade (%) com variação média de $0,91 \pm 0,89$ e a região R7 o maior valor $23 \pm 36 \pm 0,76$ durante o P-S.

Atualmente a determinação da matéria orgânica em amostras ambientais tem tido atenção de muitos pesquisadores em diversos campos de atividade científica com águas, solos e sedimentos. A importância dessa determinação reside no fato de que a interpretação da ocorrência de matéria orgânica nesses ambientes representa uma contribuição sobre sua origem, natureza e destino final dessa matéria no ambiente. Segundo Tomé Jr. (1997) a classificação para carbono orgânico e matéria orgânica no Brasil, os baixos teores de matéria orgânica ($< 15 \text{ g M.O}/\text{dm}^3$) dão indicação de solos arenosos. Com relação à matéria orgânica

dos solos estudados, os resultados mostraram que a região com maior teor de matéria orgânica, foi a R6 ($24,76 \pm 8,28$) durante o P-C/S e a de menor teor foi a R7 ($4,52 \pm 7,49$), o ponto controle localizado na entrada da estrada que vai para a comunidade do Cinturão Verde.

7.2 Análises Parasitológicas do Solo

Tabela 30 – Análise da Frequência Larvas de Nematóides encontrados no solo da Área Rural do Cinturão Verde – São Luís – MA, coletada de Janeiro a Dezembro de 2014, durante os períodos seco/chuvoso (P-S/C), chuvoso (P-C), chuvoso/seco (P-C/S) e seco (P-S)

Período	Rabditóides	Filarióides	Total	N
P-S/C	10 (29,4%)	3 (8,8%)	13 (38,23%)	34
P-C	7 (27,0%)	1 (3,85%)	8 (30,8%)	26
P-C/S	2 (7,7%)	2 (7,7%)	4 (15,4%)	26
P-S	1 (3,8%)	0 (0%)	1 (3,8%)	26

Fonte: Amostra analisada no Laboratório de Parasitologia da FIOCRUZ – ENSP – DSSA

Analisando-se a frequência das estruturas parasitárias no solo das regiões, observamos uma distribuição homogênea, sendo encontradas larvas de nematóides do tipo Filarióide e Rabditóides, conforme (Tabela 30). Portanto, observamos que o período de maior frequência parasitária foi o período de transição seco-chuvoso, início das primeiras chuvas do ano de 2014. Ao analisar estatisticamente a ocorrência de larvas rabditóides e filarióides nas amostras de solo coletadas, notamos ser mais significativa a presença de larvas rabditóides nos quatro períodos, em relação a larvas filarióides. O período de transição seco-chuvoso apresentou uma ocorrência maior (29,4%) para Larvas rabditóides, com temperatura média entre ($30,25 \pm 2,06$ a $33,3 \pm 2,70$) e no período seco (3,8%), portanto uma incidência menor nesse período com temperatura média entre ($31,8 \pm 2,06$ a $34 \pm 0,00$), conforme tabela 29. Os resultados do estudo indicam que há contaminação fecal do solo, isto pode ser devido à falta de saneamento básico na comunidade Rural do Cinturão Verde.

Segundo Fortes (2004) o *Ancylostoma spp*, tem como substrato favorável a areia fina misturada a húmus em lugares sombrios e úmidos, sendo a temperatura ideal para seu desenvolvimento de 23°C a 30°C. Com relação ao solo estudado na área do Cinturão Verde, a classe textural predominante foi à de areia franca, o que pode ter contribuído para fatores positivos desses parasitas, além dos fatores humanos. Uma pesquisa realizada por Amaral *et al.* (2015) na areia de praias da Baía de Guanabara, verificou que 61% das amostras de areias

estavam contaminadas, sendo 7 amostras positivas para ovos de *Ascaris* sp., 1 amostra para *Ancylostoma* sp., 22 amostras positivas para larvas Filarióides e 9 amostras para larvas Rabditóides. Em areias de praia as partículas tem semelhança a do solo da Comunidade do Cinturão Verde que possui entre 70 a 100% de areia, umas das características da areia franca.

No estudo realizado por Barbosa *et al.* (2013) sobre a contaminação parasitológica de solo peridomiciliar foi verificada a presença de larvas de nematóides e ovos férteis de Ascaridata com mensuração compatível com *Ascaris* sp., indicando contaminação fecal e risco de infecção para os moradores.

Uma pesquisa sobre contaminação por parasitos realizada em praças da zona sul da cidade do Rio de Janeiro encontrou larvas Rabditóides, e também a presença de ovos de *Ascaris* sp. e *Toxocara* sp., mostrando grande contaminação do solo com matéria fecal, o que indica um elevado risco de infecção por helmintos da população humana (SOUZA; MAMEDE-NASCIMENTO; SILVEIRA-SANTOS, 2007).

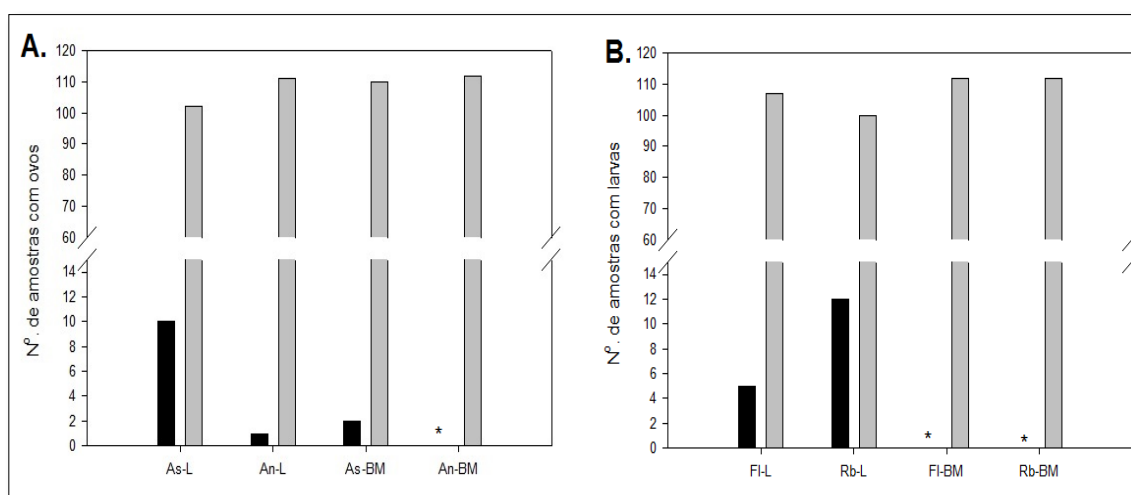


Figura 21 - Comparação da frequência absoluta de ovos de *Ascaris* sp; *Ancylostoma* sp e larvas encontradas nas amostras de solo, pelas técnicas de Lutz - adaptada (L) e Baermann-Moraes-adaptada (BM). Painel A – número de amostras com ovos; Painel B – número de amostras com larvas; As - *Ascaris* sp ; An – *Ancylostoma* sp; Fl – Filarióide; Rb – Rabditóide; ■ - positivas; ■ - negativas.

Avaliando qual seria o solo que apresentou maiores níveis de contaminação por estruturas parasitárias (helmintos/protozoários), observou-se que a região R5 foi a mais contaminada com parasitos (Figura 20), na sequência foram às regiões R1, R2 e R4 nos mesmos percentuais. Com menores percentuais as regiões R3 e R6.

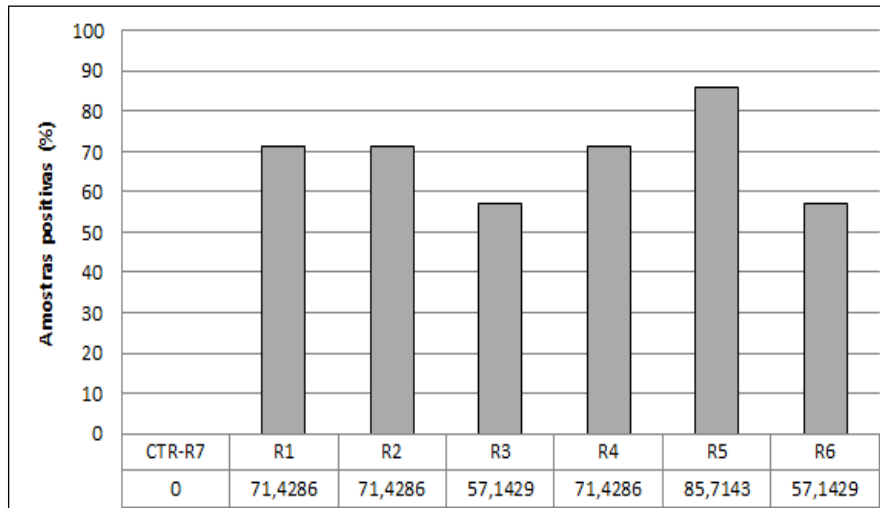


Figura 22- Percentual de amostras positivas para as estruturas parasitárias (helminths/protozoários) relacionadas por região da Área Rural do Cinturão Verde – São Luís – MA.

Comparando as porcentagens de amostras positivas por estações, o período de transição P-S/C e P-C foram os que apresentaram maiores contaminações por parasitas, seguida dos períodos P-C/S e P-S (Figura 21).

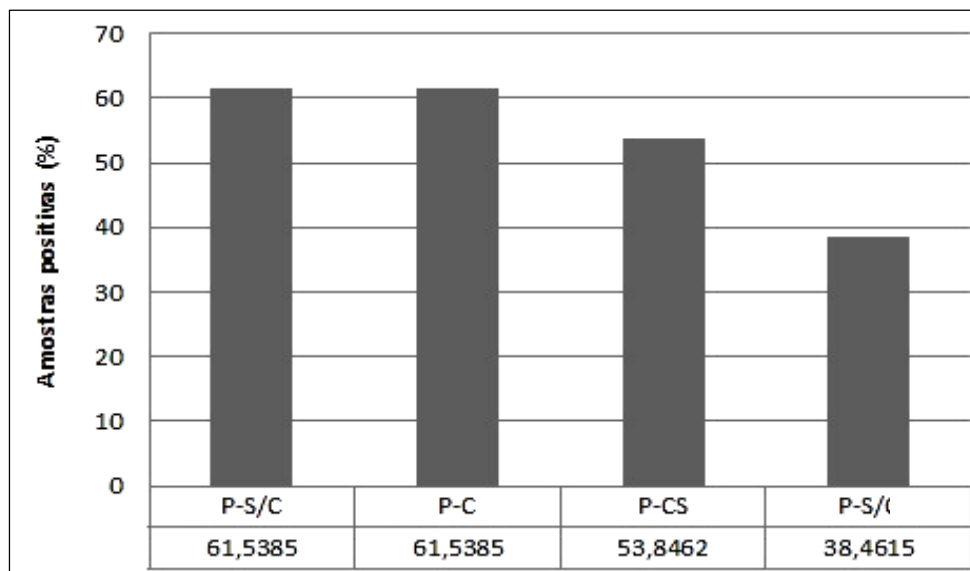


Figura 23 - Porcentagem de positividade das amostras analisadas no solo da Área Rural do Cinturão Verde – São Luís – MA, coletada de Janeiro a Dezembro de 2014, durante os períodos de transição seco/chuvoso (P-S/C), chuvoso (P-C), transição chuvoso/seco (P-C/S) e seco (P-S).

Tabela 31 - Análise da Frequência de Helminthos encontrados no solo da Área Rural do Cinturão Verde – São Luís – MA, coletada de Janeiro a Dezembro de 2014, durante os períodos de transição seco/chuvoso (P-S/C), chuvoso (P-C), transição chuvoso/seco (P-C/S) e seco (P-S).

Período	Ovo <i>Toxocara</i> <i>sp</i>	Ovo <i>Áscaris</i> <i>sp</i>	Ovo <i>Ancylostomideo</i>	Total	N
Transição seco/chuvoso	0(0%)	7(20,6%)	1(2,9%)	8 (23,8%)	34
Chuvoso	0(0%)	1 (3,8%)	0 (0%)	1(3,8%)	26
Transição chuvoso/seco	0(0%)	2 (7,7%)	0 (0%)	2(7,7%)	26
Seco	1(3,8%)	3 (11,5%)	0 (0%)	4(15,3%)	26

Fonte: Amostra analisada no Laboratório de Parasitologia da FIOCRUZ – ENSP – DSSA

Das amostras do solo analisadas tanto pelas técnicas de (Lutz e Baermann-Moraes adaptada) foi encontrado maior frequência absoluta de casos positivos para ovos de *Ascaris sp*, num percentual de 20,6% no período de transição seco-chuvoso, início das chuvas e com menor frequência para os ovos de *Toxocara sp*, num percentual de 3,8% no período seco e *Ancylostomídeo*, num percentual de 2,9%.

O período de transição seco-chuvoso apresentou uma ocorrência maior (29,4%) para Larvas rabditoides, com temperatura média entre (30,25±2,06 a 33,3±2,70) e no período seco (3,8%), portanto uma incidência menor nesse período com temperatura média entre (31,8±2,06 a 34±0,00), conforme tabela 31.

7.3 Níveis Colimétricos do Solo

Na estação da transição P-S/C foi a que apresentou maiores níveis colimétricos encontrados no solo, sendo o solo relacionado ao poço P6 o que apresentou condições de maior risco associado à contaminação da água do poço (Figura 24 – P-S/C). Sendo encontrados níveis de CT e de EC bastante elevados, na ordem de 20×10^9 UFC/mL. Para os poços P1 e P4 nesta estação o solo próximo também esteve contaminado, contudo os solos mais afastados é que apresentaram níveis colimétricos mais elevados, chegando a 5×10^9 UFC/mL.

Na estação chuvosa os níveis colimétricos do solo associado aos poços, estão mais baixos, em relação à estação anterior, mas ainda foi possível detectar níveis CT, contudo no solo associado ao poço P4 somente no solo mais próximo foi detectado CT, no solo mais distante não foi verificado. Isso pode ser devido à elevada precipitação de chuva que se observou nos dias que antecederam a coleta de amostras (Figura 24 – P-C).

Nas estações que seguiram P-C/S e P-S os níveis praticamente se mantiveram mais baixos, sendo que na estação seca até para o solo associado ao poço P6 somente foi detectado CT, isso pode ser devido à esterilização do solo, pois a temperatura do solo neste período esteve mais elevada, em média 32,6 °C (Figura 24).

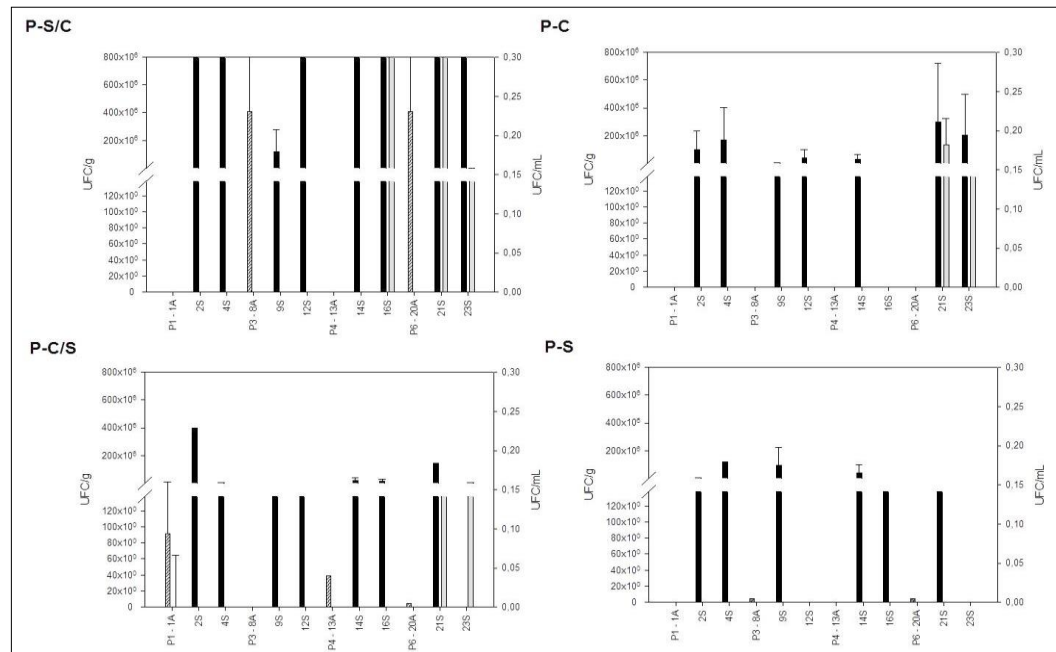


Figura 24 - Níveis colimétricos do solo das regiões próximas dos quatro poços tubulares ativos da comunidade de Cinturão Verde, nas quatro estações do ano. ■ - níveis de CT; □ - níveis de EC.

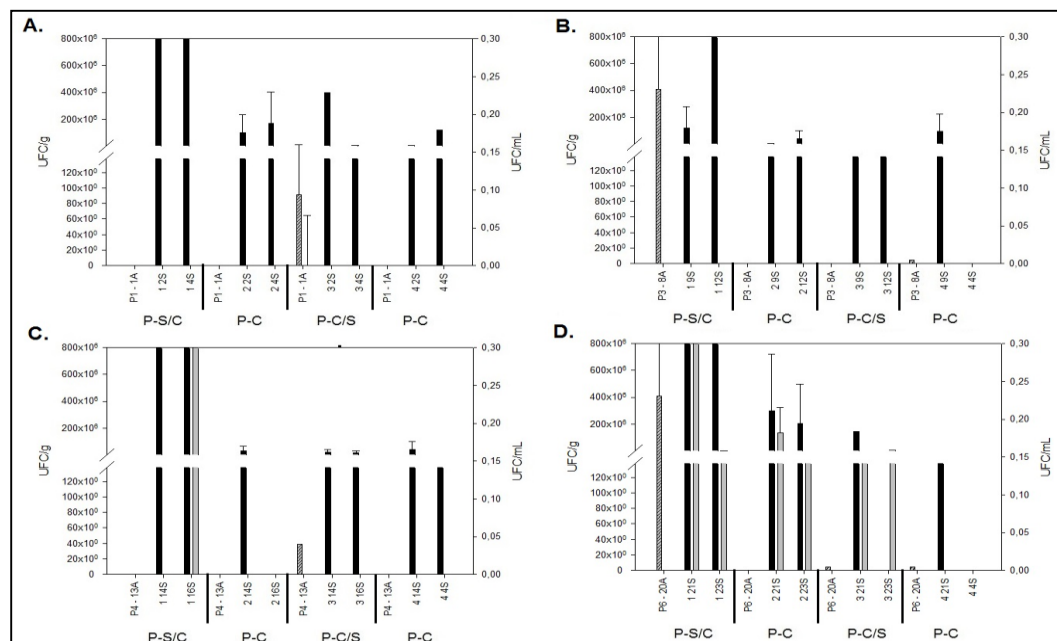


Figura 25 - Níveis colimétricos do solo das regiões próximas dos quatro poços tubulares ativos da comunidade de Cinturão Verde, nas quatro estações do ano. ■ - níveis de CT; □ - níveis de EC.

7.4 Correlações Estatísticas de Colimetria e Parasitologia do Solo

A correlação linear de Pearson entre os dados médios dos níveis de coliformes totais (CT) e de *E. coli* (EC) encontrados nas amostras de solo das sete regiões estudadas, nos diferentes períodos sazonais, com os dados positivos de parasitos encontrados foi feita, sendo encontrado os positivos, indicando correlação dos dados (Tabela 32).

Tabela 32 – Correlação entre dados de colimetria e os de parasitologia do solo

Matriz	Coliformes Totais	<i>E. coli</i>
	x Positivo para parasitos	x Positivo para parasitos
Solo	0,10	0,17

Fonte: Elaborada pelo Autor (2015)

Embora a correlação entre a presença de parasitas no solo com níveis de coliformes totais que colocam o solo como não recomendado para uso como área de recreação tenha ficado em torno de 10 %, e para níveis de *E. coli* tenha ficado em torno de 17%, esta foi positiva para ambos. Portanto, pode-se afirmar que há correlação entre altos níveis de coliformes encontrados no solo com a presença de parasitas.

7.5 Correlações Estatísticas entre as Análises Colimétricas, Físicas e Químicas do Solo

As correlações de (Pearson) entre as médias dos níveis de coliformes totais (CT) e as das análises físicas e químicas bem como entre estas e as de *E. coli* (EC), determinadas nas amostras de solo e coletadas por ocasião dos quatros períodos sazonais, podem ser verificadas nas tabelas 33, 34, 35 e 36.

Tabela 33 – Correlações de Pearson (r) entre a colimetria e os parâmetros físicos e químicos do solo durante o período de transição seco-chuvoso (P-S/C).

Parâmetros	Coliformes Totais	<i>E.coli</i>
Temperatura (°C)	-0,9085*	-0,5662*
Umidade (%)	0,4396*	-0,1342 ^{ns}
pH(em CaCl ₂)	0,0299 ^{ns}	0,2218 ^{ns}
Condutividade elétrica a 25°C (mS/cm)	0,9065*	0,8179*
Matéria orgânica (g/Kg)	0,1624 ^{ns}	0,1389 ^{ns}
Alumínio trocável (cmol _c .Kg ⁻¹)	-0,5386*	0,1352*
Porosidade total (%)	-0,5293*	-0,4842*

*Significativo a 95% (p<0,05) e ns: não significativo a (p<0,05).

Tabela 34 – Correlações de Pearson (r) entre a colimetria e os parâmetros físicos e químicos do solo durante o período chuvoso (P-C).

Parâmetros	Coliformes Totais	<i>E.coli</i>
Temperatura (°C)	0,5475*	0,3260*
Umidade (%)	0,5294*	-0,1769 ^{ns}
pH (em CaCl ₂)	0,1234 ^{ns}	-0,6045*
Condutividade elétrica a 25°C (mS/cm)	0,1791 ^{ns}	0,7544*
Matéria orgânica (g/Kg)	0,2598 ^{ns}	-0,3086*
Alumínio trocável (cmol _c .Kg ⁻¹)	-0,5312 ^{ns}	0,2280 ^{ns}
Porosidade total (%)	-0,3617*	0,4353*

*Significativo a 95% (p<0,05) e ns: não significativo a (p<0,05).

Tabela 35 – Correlações de Pearson (r) entre a colimetria e os parâmetros físicos e químicos do solo durante o período de transição chuvoso-seco (P-C/S).

Parâmetros	Coliformes Totais	<i>E.coli</i>
Temperatura (°C)	-0,4279*	0,4497*
Umidade (%)	-0,1973 ^{ns}	-0,5000*
pH (em CaCl ₂)	-0,4651*	0,2301 ^{ns}
Condutividade elétrica a 25°C (mS/cm)	0,0782 ^{ns}	-0,6168*
Matéria orgânica (g/Kg)	0,1377 ^{ns}	0,4375*
Alumínio trocável (cmol _c .Kg ⁻¹)	0,6925*	0,4305*
Porosidade total (%)	0,4303*	-0,3282*

*Significativo a 95% (p<0,05) e ns: não significativo a (p<0,05).

Tabela 36 – Correlações de Pearson (r) entre a colimetria e os parâmetros físicos e químicos do solo durante o período seco (P-S).

Parâmetros	Coliformes Totais	<i>E.coli</i>
Temperatura (°C)	-0,6082*	0,5528*
Umidade (%)	-0,5769*	-0,0926 ^{ns}
pH (em CaCl ₂)	-0,1665 ^{ns}	-0,1602 ^{ns}
Condutividade elétrica a 25°C (mS/cm)	0,4287*	-0,4269*
Matéria orgânica (g/Kg)	0,0006 ^{ns}	0,5534*
Alumínio trocável (cmol _c .Kg ⁻¹)	0,4468*	-0,4638*
Porosidade total (%)	-0,1484 ^{ns}	0,6004*

*Significativo a 95% (p<0,05) e ns: não significativo a (p<0,05).

Não existem referências quanto a parâmetros químicos de areia de praia. Apenas o estudo realizado por Andraus (2006) que analisa, fazendo comparações com os parâmetros químicos e microbiológicos das praias do Paraná. Para a análise dos parâmetros não contemplados por Andraus (2006), foram utilizados padrões para solos agrícolas. Portanto no presente trabalho foram realizadas as correlações entre os parâmetros físicos, químicos e colimétricos, levando em consideração a influência do período de coleta independente do local.

O solo de textura areia franca, coletado da camada superficial, possivelmente não restando umidade suficiente pode ter proporcionado maior efeito da temperatura sobre as populações dos coliformes totais e da *E.coli*.

Durante o período de transição seco-chuvoso (P-S/C), verifica-se relação positiva entre a concentração de sais solúveis (salinidade da solução) e os de coliformes totais e *E.coli*. Na literatura pode ser constatada relação entre a bactéria *E.coli* e salinidade em muitos trabalhos com areia de praia.

As populações de *E.coli* e coliformes totais (CT) suportaram valores de condutividade elétrica (CE) que é um indicador da salinidade e consequentemente do potencial osmótico do solo obtido em extrato aquoso na proporção 1:1 (solo:água).

Em solo cultivado, o valor da condutividade elétrica (CE) aumenta em função da mineralização da matéria orgânica e da dissociação de compostos minerais, entre estes os fertilizantes. O valor também aumenta em decorrência da concentração de sais solúveis pela redução da umidade do solo.

Ao que parece, analisando-se os valores de condutividade elétrica (CE) relativos ao (P-S/C), pode-se aventar a possibilidade de aporte de adubos orgânicos, possivelmente na forma de esterco de gado ou cama de aviário, para o cultivo de vegetais, o que pode ter contribuído para a variação de valores de condutividade elétrica, juntamente com os valores de baixa umidade retida no solo. Segundo Thomason et al. (1977), a permanência de bactérias heterotróficas, no meio depende da existência de condições favoráveis, entre elas destacam-se: matéria orgânica, umidade e temperatura.

Em relação à umidade do solo, verificou-se relação positiva, significativa, contudo baixa ($r=0,4396$) com a população de coliformes totais (CT) e muito baixa, não significativa, com a de *E. coli* (EC).

Vale ressaltar o efeito da decomposição da matéria orgânica e subsequente mineralização em relação à variação de espécies de microrganismos e de suas respectivas populações que podem ter competido com as de coliformes totais (CT) e *E.coli*. Tal hipótese pode justificar a relação não significativa entre valores da concentração de matéria orgânica e de coliformes totais (CT) bem como de *E.coli* durante o período de transição seco-chuvoso (P-S/C).

Em geral valores de pH próximos à neutralidade favorecem bactérias e dessa forma não se verificou relações significativas entre os obtidos em suspensões de solo e as concentrações de coliformes totais e *E.coli*.

Os quatros períodos de transição seco-chuvoso (P-S/C), o seco (P/S), de transição chuvoso-seco (P-C/S) e o chuvoso (P/C), houve correlação significativa em relação à temperatura e os níveis de *E.coli*, com variação média de temperatura entre $27,3 \pm 6,68$ e $43,5 \pm 2,06$ durante esses períodos. A bactéria *E. coli* é classificada como mesofílico, pois cresce em temperaturas moderadas em torno de 25°C a 40°C. A temperatura ótima de crescimento dessas bactérias fica em torno de 37°C. Temperaturas muito altas causam destruição de suas células, e temperaturas muito baixas cessam sua multiplicação (TORTORA; FUNKE; CASE, 2008).

Para os quatros períodos, o de transição seco-chuvoso (P-S/C), o seco (P/S), de transição chuvoso-seco (P-C/S) e o chuvoso, houve uma correlação significativa em relação à condutividade elétrica (CE) e os níveis de *E.coli*, o que mostra uma afinidade da *E.coli* em extrato aquoso na proporção 1:1 (solo:água).

Durante o período seco (P-S), para os parâmetros alumínio trocável e temperatura, houve uma correlação significativa, tanto para coliformes totais e *E.coli*, mesmo com valores de alumínio trocável $< 0,5 \text{ cmol/dm}^3$. Em relação à matéria orgânica não houve uma correlação significativa para os coliformes totais nos quatros períodos, mais houve uma correlação significativa para *E.coli* nos períodos (P-C) (P-C/S) e (P-S) que pode ser explicado devido às bactérias poderem aderir partículas do sedimento devido à quantidade de matéria orgânica associada a estas partículas favorecendo a sobrevivência e a proliferação dos microrganismos (REGO, 2010; MANCINI *et al.*, 2005; WHITMAN; NEVERS, 2003).

7.6 Análises Físico-Química, Parasitológica e Colimétrica da Água.

7.6.1 Análise físico-química da água

Os resultados físico-químicos das águas dos poços tubulares nos 12 pontos de amostragem realizados de janeiro a dezembro do ano de 2014 na Comunidade do Cinturão Verde estão apresentados na tabela 37.

Tabela 37 - Variação da média dos parâmetros físicos químicos dos períodos de transição seco-chuvoso (P-S/C), chuvoso (P-C), transição chuvoso-seco P-C/S e seco (P-S).

Parâmetros	P-S/C	P-C	P-C/S	P-S	Volume Permitido (VMP)	Máximo
Físicos	X±DP	X±DP	X±DP	X±DP		
Temperatura da água (°C)	29±0,33	29±0,82	29,4±0,82	29,8±0,87	-	
Condutividade elétrica (µS.cm ⁻¹)	148,7±71.21	130,9±39.75	168,3±68,29	163±78,98	ND	
Turbidez (NTU)	0,90±0.33	0,79±0.34	0,53±0.18	0,53±0.19	5 ⁽¹⁾	
Cor Aparente (uC)	5,02±2.02	9,65±2.38	12,64±1.10	9,17±4.15	15 ⁽¹⁾	
Químicos						
pH	5,35±0.51	5,81±0.60	5,54±0.56	5,69±0.87	6,0 - 9,5 ⁽¹⁾	6,0 - 9,0 ⁽²⁾
Sólidos Totais Dissolvidos (TDS) (mg.L ⁻¹)	79,4±32,61	65,2±16,73	73,3±31,83	99.5±46,06	1000 ⁽¹⁾⁽³⁾	500 ⁽²⁾
Gás Carbônico Livre (mg.L ⁻¹)	40,18±6,16	25.63±20.70	4.98±2.16	3.58±1.17	ND	
Cloro residual livre (mg.L ⁻¹)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	2 ⁽¹⁾	
Alcalinidade Total (mg.L ⁻¹ CaCO ₃)	38.51±32.08	22.9±16.40	38.6±29.19	53.44±44.30	ND	
Dureza Total (mg.L ⁻¹ CaCO ₃)	122.80±96.87	105,48±48,72	114.16±82,82	89,32±54,47	500 ⁽¹⁾	
Cloretos (mg.L ⁻¹)	8.39±1,43	6.73±1.05	6.92±0.81	7.09±1.38	250 ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾	
Salinidade (‰)	0,042±0,007	0,042±0.002	0.042±0.003	0.012±0.002	≤ 0,5 ⁽²⁾	(Água doce)
Oxigênio dissolvido (mg.L ⁻¹)	5.82±0.34	5.75±0.62	4.46±0.60	4.46±0.66	≥ 6	(Água doce) Classe 1 ⁽²⁾

⁽¹⁾ Portaria N° 2.914 de 12 de dezembro de 2011 – Ministério da Saúde.

⁽²⁾ Resolução CONAMA N° 357, 17 de março de 2005.

⁽³⁾ Resolução CONAMA N° 396, 3 de abril de 2008 – Água Subterrânea.

ND = Não descrito na legislação

Fonte: Elaborada pelo Autor (2015)

7.6.1.1 Características físicas

Os valores obtidos para a temperatura das amostras das águas dos poços tubulares foram relativamente homogêneos, com média de 29°C variando de 29±0,33 a 29,8±0,87 °C. A temperatura se manteve constante em todos os períodos. Estes resultados estão muito próximos com os encontrados por Silva e Silva (2007) com temperatura média de 31,1°C para a água subterrânea da cidade de Manaus. Silva e Bonotto (2000) e Silva (1999) também registraram temperaturas médias das águas subterrâneas em Manaus, no período de seco, de 27,8°C. De acordo com o código de águas minerais do Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM (BRASIL, 1978), o qual classifica a temperatura das águas minerais, as

águas subterrâneas avaliadas podem ser consideradas como fontes hipotermiais quando sua temperatura estiver compreendida entre 25 °C e 33°C.

A cor da água interfere negativamente na medida da turbidez devido à sua propriedade de absorver luz. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), o limite máximo de turbidez para água potável deve ser 5 NTU. Os resultados das análises das amostras das águas dos poços tubulares encontram-se dentro das normas preconizadas em 100% das amostras para os quatros períodos. Segundo Clesceri, Greenberg e Eaton (1999) a turbidez é um parâmetro que indica a qualidade estética das águas para abastecimento público. Conforme os resultados, tanto os períodos seco e chuvoso apresentaram-se valores abaixo de 1 NTU, o que garante a qualidade das águas dos poços tubulares.

O parâmetro cor aparente de acordo com tabela de padrão organoléptico de potabilidade da Portaria N° 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde, fixa o (Valor máximo permitido = 15 uH) e conforme os resultados encontrados na tabela 37, a variação da média dos quatro períodos (P-S/C, P-C, P-C/S e P-S), encontram-se em conformidade com a legislação, sendo que o períodos de transição seco-chuvoso e chuvoso-seco apresentaram-se valores em média de $(5,02 \pm 2,02$ e $12,64 \pm 1,10)$. Geralmente as águas subterrâneas são isentas de cor, mas podem atingir valores até 100 uC, o que provoca rejeição pelo consumidor (FEITOSA; MANOEL FILHO, 1997).

A maioria das águas utilizadas na agricultura apresenta condutividade elétrica (CE) inferior a $2.000 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$. Em todo o mundo, colheitas que utilizaram águas com condutividade elétrica superior a esse valor, em geral, não foram satisfatórias para o desenvolvimento adequado dos vegetais.

A tabela 37 apresenta os valores de condutividade elétrica das amostras de águas dos poços tubulares avaliados. A Portaria MS 2914/2011 não faz referência direta a esse parâmetro. Entretanto, segundo Chapman e Kimstach (1998 apud KEMERICH, 2008) a condutividade elétrica em águas doces varia de 10 a $1000 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$. Oliveira, Moraes e Serzedelo (2000 apud KEMERICH, 2008) reforçam que a condutividade elétrica é um indicador da presença de material orgânico recente introduzido no corpo de água. Quando a condutividade for igual ou maior do que $1000 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$, as águas passam a ficar salobras ou podem está poluídas.

Os valores de condutividade encontrados nas amostras de águas dos poços tubulares durante os períodos são relativamente baixo, com variação média mínima de $130,9 \pm 39,75$ para o período chuvoso e máxima de $168,3 \pm 68,29$ para o período de transição chuvoso-seco. A classificação da água quanto a sua mineralização tomando como referência os valores de

condutividade elétrica entre 100 a 200 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ (MENDES; OLIVEIRA, 2004), a mineralização é fraca, portanto qualidade considerada excelente.

A maioria das águas utilizadas na agricultura apresenta condutividade elétrica (CE) inferior a 2.000 $\mu\text{S.cm}^{-1}$. Em todo o mundo, colheitas que utilizaram águas com CE superior a esse valor, em geral, não foram satisfatórias para o desenvolvimento adequado dos vegetais. As águas para fins de irrigação se dividem em quatro classes de salinidade à medida que aumenta a concentração de sais e, conseqüentemente, sua condutividade elétrica, recebendo denominações sucessivas de C1, C2, C3 e C4 com os limites apresentados (RICHARDS, 1954).

De acordo com essa classificação os valores de condutividade encontrados nas amostras de águas dos poços tubulares durante os períodos foram relativamente baixo, com variação média mínima de $130,9 \pm 39,75$ para o período chuvoso e máxima de $168,3 \pm 68,29$ para o período de transição chuvoso-seco. Portanto enquadrada na classe de salinidade C1, com valores de condutividade elétrica (CE) entre (0 – 250 $\mu\text{S.cm}^{-1}$) – água com baixa salinidade podendo ser utilizada para irrigação da maioria das culturas, em quase todos os tipos de solos, com muito pouca probabilidade de que se desenvolvam problemas de salinidade.

Algumas amostras das águas dos poços tubulares em determinado período ultrapassaram o valor máximo da classificação C1, como o ponto amostral 13A (poço tubular – residencial centro) com valor de 336 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ no período de transição seco-chuvoso. No período chuvoso-seco na terceira campanha os poços tubulares dos pontos amostrais 8A e 13A, apresentaram valores de C.E de 285 e 339 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ e o período seco na quarta campanha pontos amostrais 8A e 13A os valores foram 335 e 365 $\mu\text{S.cm}^{-1}$, ultrapassando o valor de referência da classificação C1, portanto sendo classificada como água de média salinidade, condutividade entre (250 - 750 $\mu\text{S.cm}^{-1}$), podendo ser usada se a água for adequada ao cultivo de plantas moderadamente tolerante aos sais, sem necessidade de práticas especiais de controle de salinidade.

Embora não apareça na legislação valores adequados de condutividade para a água, sabe-se que quanto mais íons estão presentes, maior é a condutividade. Porém, isso não determina, especificamente, quais os íons presentes em determinada amostra, mas pode contribuir para possíveis reconhecimentos de impactos ambientais que ocorram no corpo hídrico ocasionado geralmente por lançamentos de efluentes poluentes.

7.6.1.2 Características químicas

Os valores de pH devem ser mantidos na faixa de 6,0 a 9,5, de acordo com a Portaria nº 2.914/2011. Com essa recomendação, nos quatros períodos: o de transição seco-chuvoso, período chuvoso, transição chuvoso-seco e período seco a variação média foi de $5,35 \pm 0,51$, $5,81 \pm 0,60$, $5,54 \pm 0,56$ e $5,69 \pm 0,87$ respectivamente, portanto abaixo da faixa recomendada pela legislação. No período de transição seco-chuvoso, chuvoso e transição chuvoso-seco o valor do pH do poço tubular 13A variou em média 6,6; 7,1 e 6,7 conforme os respectivos períodos, portanto em conformidade com a legislação para consumo humano. No período seco o valor do pH foi em média 5,2. O ponto amostral 8A (poço tubular 3) no período chuvoso, transição chuvoso-seco e seco se mantiveram na faixa de pH fixada pela legislação e no período de transição seco-chuvoso a variação da média foi de 5,2. Os pontos amostrais 20A (poço tubular 6) e o ponto amostral 1A (poço tubular 1) nos quatro períodos o valor do pH esteve sempre fora da faixa padrão (APÊNDICE B).

Segundo a WHO (2003), valores baixos de pH podem gerar problemas como, irritação nos olhos, na pele e membranas mucosas. O pH também pode afetar o desempenho do tratamento de desinfecção da água.

Entretanto, a variação observada é um pouco diferente dos dados obtidos por Silva (1999) e Santos (1981) em poços tubulares, cuja variação foi entre 4,1 a 6,0. Estudos realizados por Lima e Kobayashi (apud ARAUJO, 2001) mostram que um fator que contribui para a acidez das águas é a presença de CO_2 e ácidos húmicos livres em solução, fenômeno típico de zonas tropicais.

Conforme a Resolução CONAMA Nº 357/2005, a faixa de pH dentro dos padrões para águas de irrigação está compreendida entre 6 a 9; fora desta faixa é um indicativo de anormalidade da água ou ainda a presença de íons tóxicos. Assim, pelos resultados obtidos, percebe-se que para todas as amostras de água dos poços analisados o pH encontra-se fora do padrão estabelecido, isto é, muito próximo de 6,0 o valor mínimo.

O pH em torno de 6,5 a 7,5 são valores ideais para maioria dos microrganismos. A bactéria *E. coli* se multiplica melhor em pH entre 6,0 a 8,0 (FRANCO; LANDGRAF, 2008).

O pH não traz riscos sanitários, mas é monitorado para melhorar os processos de tratamento, preservar as tubulações contra corrosões ou entupimentos e também por auxiliar no controle da desinfecção (FUNASA, 2004).

Em relação à dureza da água, nas regiões de estudo durante período de transição seco-chuvoso os valores dos pontos amostrais 1A, 8A, 13A e 20A (poços tubulares) foram em

média 263,150; 841,235; 372,19 e 382,093 respectivamente, com destaque para o ponto amostral 8A que apresentou um valor acima de $500 \text{ mg.L}^{-1} \text{ CaCO}_3$ do permitido pela Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, portanto a água classificada como muito dura, valor $> 300 \text{ mg.L}^{-1} \text{ CaCO}_3$ (RICHTER; AZEVEDO, 1991).

A Portaria nº 2914/2011 estabelece o padrão de potabilidade da água para consumo humano e define que a quantidade de dureza encontrada não deve exceder 500 mg.L^{-1} (BRASIL, 2011). De acordo com os resultados, todas as amostras analisadas durante os quatros períodos, encontram-se em conformidade com a legislação vigente (Tabela 37). Para Maia, Morais e Oliveira (2001), o acúmulo de cálcio pela água de irrigação, pode provocar o processo de cimentação no solo, dificultando a penetração da água no solo.

Problemas de elevada dureza no ponto amostral 8A (poço tubular 4) pode ser devida a ocorrência de rochas calcárias na região. Este efeito está associado à dissolução promovida pela água subterrânea nestas rochas.

A Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde, estabelece o padrão de potabilidade da água para consumo humano, e define que a quantidade de cloro residual livre (CRL) encontrada na amostra deve possuir até 5 mg.L^{-1} (BRASIL, 2011).

O cloro residual livre (CRL) recomendado pela Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde, descreve que em qualquer ponto do sistema de abastecimento seja 2 mg.L^{-1} . Segundo OMS/OPAS (2006), considera que uma concentração de $0,5 \text{ mg.L}^{-1}$ de CRL na água, depois de um tempo de contato de 30 minutos, garante a desinfecção satisfatória. Entretanto, a Organização Mundial de Saúde OMS (2006), diz que não é observado nenhum efeito nocivo à saúde no caso essa concentração de CRL chegue a 5 mg.L^{-1} .

As amostras dos poços tubulares analisadas durante os quatros períodos, o teor de cloro foi ausente, isto é, não tinha nenhum sistema de cloração, o que pode possibilitar a presença de patógenos na água como *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Shigella sp*, *Legionella* e outros.

Em trabalho realizado por Del Campo e Quiroz (2003) sobre os riscos microbiológicos associados ao uso de piscinas públicas, diz que em geral, 2 mg.L^{-1} impedem a proliferação bacteriana.

Em trabalhos realizados por Freitas, Brilhante e Almeida (2001) ao analisar a água de rede e de caixa d'água do Parque Fluminense/RJ, mostrou que 5,04% das amostras testadas apresentaram concentrações de cloro residual iguais à zero. Os mesmos autores relacionaram a ausência de cloro residual com o aumento de coliformes fecais em águas de rede e caixa

d'água. Portanto é fundamental a desinfecção da água através da cloração para impedir doenças causadas por veiculação hídrica.

A Portaria nº 2.914/2011 do MS define que a quantidade de (TDS) encontrada na água potável não deve exceder 1000 mg.L^{-1} (BRASIL, 2011). A tabela 37 mostra os resultados para os sólidos totais dissolvidos, sendo que todas as amostras encontravam-se dentro do permitido para consumo humano com variação mínima de $65,2 \pm 16,73$ no período chuvoso e máxima de $99,5 \pm 46,06$ no período seco. Portanto, os poços analisados apresentaram valores de sólidos totais dissolvidos aceitáveis. Segundo Sardinha (2008), os sólidos totais dissolvidos na água podem causar alterações de gosto e problemas de corrosão se forem muito acima do valor máximo permitido.

Os valores encontrados na pesquisa para os sólidos totais dissolvidos (TDS) foram inferiores ao encontrado por Marion, Capoane e Silva (2007), analisando a água subterrânea no poço do campus da Universidade Federal de Santa Maria – RS, que encontraram valores médios de 295 mg.L^{-1} de sólidos totais dissolvidos (TDS), obtidas através da condutividade elétrica, onde variaram entre 247 a 410 mg.L^{-1} .

Comparando-se os resultados com a Resolução CONAMA Nº 396/2008 que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas, as águas dos poços tubulares estudadas em relação aos sólidos totais dissolvidos se enquadrariam na Classe 1 ($< 1.000.000 \mu\text{g.L}^{-1}$). Portanto as amostras não apresentaram problemas com relação aos sólidos totais dissolvidos, uma vez que ficaram abaixo do valor máximo estabelecido para consumo humano.

Os resultados das análises de cloretos estão expressos na tabela 37. A Portaria nº 2.914/2011 estabelece que o limite máximo permitido de cloretos na água potável é de 250 mg.L^{-1} , portanto os valores encontrados estão de acordo com os padrões de potabilidade estabelecidos (BRASIL, 2011).

O parâmetro cloreto está na tabela de padrão organoléptico de potabilidade da Portaria nº 2.914/2011 e constitui um padrão de aceitação. Os cloretos presentes na água que podem alterar o sabor são, principalmente, os de sódio, potássio e cálcio, em concentrações superiores ao recomendado pela legislação. Em águas doces, a quantidade de cloretos pode variar até cerca de 250 mg.L^{-1} , valor que coincide com o máximo recomendado pelos padrões de potabilidade (RICHTER, 2009).

Os resultados encontrados nas águas dos poços tubulares não comprometem a sua qualidade, pois os valores estão abaixo de 250 mg.L^{-1} , o valor máximo permitido estabelecido pela legislação brasileira para águas destinadas ao abastecimento público. Conforme os

resultados, o período de transição seco-chuvoso apresentou maior variação média, $8,39 \pm 1,43$ e menor no período chuvoso, $6,73 \pm 1,05$.

As águas subterrâneas apresentam geralmente teores de cloretos inferiores a 100 mg.L^{-1} (FERNANDES et al., 2005). Na avaliação da qualidade da água utilizada na classificação para fins agrícolas, isto é, uso na irrigação, os parâmetros de maior importância são: o íon cloreto (Cl^-) e a condutividade elétrica (CE).

O parâmetro oxigênio dissolvido não consta na Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde – MS, mais é fundamental para manutenção da vida aquática. Os resultados das amostras dos poços tubulares dos quatro períodos apresentaram grandes variações na medição do oxigênio dissolvido. No período de transição seco-chuvoso e chuvoso foram obtidos valores muito próximos, com média $5,82 \pm 0,34$ e $5,75 \pm 0,62$ respectivamente na primeira e segunda campanha.

Nos períodos de transição chuvoso-seco e seco os resultados foram em média $4,46 \pm 0,60$ e $4,46 \pm 0,66$ respectivamente. Portanto podemos observar que é um parâmetro muito instável, o que pode explicar esta variação.

A alcalinidade da água é representada pela presença dos íons hidróxidos (OH^-), carbonatos (CO_3^{2-}) e bicarbonatos (HCO_3^-). Com maior frequência, a alcalinidade das águas é devida a bicarbonatos, produzidos pela ação do gás carbônico dissolvido na água sobre as rochas calcárias. A Portaria nº 2.914/2011 não faz referências a esse parâmetro e não há especificações na legislação brasileira estabelecendo os limites de alcalinidade em água (BRASIL, 2011). A maioria das águas naturais apresentam valores de alcalinidade na faixa de 30 a $500 \text{ mg.L}^{-1} \text{ CaCO}_3$ (REIS, 2011). Conforme os resultados as amostras das águas dos poços tubulares durante os períodos da pesquisa variou entre $22,9 \pm 16,40$ (período chuvoso) a $53,44 \pm 44,30$ (período seco), sendo que a alcalinidade predominante foi a de bicarbonatos.

Estudos realizados por Lima e Kobayashi (apud ARAÚJO, 2001) mostram que um fator que contribui para a acidez das águas é a presença de CO_2 e ácidos húmicos livres em solução, fenômeno típico de zonas tropicais. Para o autor, as maiores alterações dessa variável são provocadas por despejos de origem industrial.

Em relação à salinidade da água, a Resolução CONAMA 357/2005 define a classificação como: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰ são consideradas águas doces. Um dos maiores responsáveis pela salinidade de uma água, o íon cloreto (Cl^-) está presente em todas as águas naturais, com valores de concentração situados entre 10 e 250 mg.L^{-1} nas águas doces (LIMA, 2011). Conforme os resultados das análises das águas dos poços tubulares durante os quatro períodos, a salinidade se manteve abaixo de 0,5‰.

7.6.2 Análise parasitológica das águas dos poços tubulares

Tabela 38 - Resultados parasitológicos das águas dos poços tubulares

Amostra	Resultado Chuvoso	Período	Resultado - Período Seco
1A - Poço 1	Negativo		Negativo
8A - Poço 3	Negativo		Negativo
13A - Poço 4	Negativo		Larva de Nematóide (Rabditóide)
20A - Poço 6	Negativo		Negativo

Fonte: Elaborado pelo Autor 2015

Para pesquisa das análises parasitológicas na água dos poços tubulares, foi utilizada a Técnica de Lutz - adaptada (Sedimentação espontânea), muito usada em análise de solos com textura arenosa, isto é, compreendem as classes texturais areia e areia franca, o que confirma o resultado da classificação do solo estudado. Em solos com muita areia, a drenagem é excessiva, a permeabilidade do ar e da água é boa, condições que podem ter facilitado ao resultado positivo para Larva de Nematóide (Rabditóide).

De acordo com tabela 38, no período chuvoso não foram encontrados parasitas nas águas dos poços tubulares, entretanto, no período seco foi encontrado 1 Larva de Nematóide do tipo Rabditóide no ponto amostral 13A (poço tubular 4), talvez pela ausência de cloração nos poços, com isto, podendo comprometer a água se não for realizado a desinfecção. De acordo com De Carli (2001), a forma infectante é a Filarióide, sendo capaz de penetrar na pele ou mucosas, além de serem vistos no meio ambiente, podendo evoluir no interior do hospedeiro ocasionando os casos de auto-infecção interna.

7.6.3 Níveis colimétricos das águas dos poços tubulares

O poço tubular P6 em três estações, a transição seco-chuvosa (P-S/C), transição chuvoso-seca (P-C/S) e chuvosa (P-C) estava com água imprópria para consumo humano, somente na estação seca (P-S) estava própria para consumo. O poço P3 esteve impróprio em duas estações, o P-S/C e P-S enquanto que o poço P1 e P4 somente impróprio em uma estação (P-C/S) (Figura 26). Nenhum poço teve impróprio na estação chuvosa (P-C) provavelmente devido à diluição. Através da observação “in loco”, verificou-se que os poços não tinham um sistema de cloração, com isso a falta de manutenção e da desinfecção contribuíram para a

contaminação dos poços e dos reservatórios (caixas d' água).

Uma pesquisa realizada por Souto *et al.* (2004) em poços do tipo manual simples no loteamento Marabaixo III, em Macapá-AP, detectou a presença de coliformes totais em 90% das amostras e 33% de coliformes fecais. Silva e Araújo (2003), avaliando a qualidade de água de manancial subterrâneo em áreas urbanas em Feira de Santana (BA), diz que foi expressivo o percentual de amostras com coliformes totais (90,8%) e fecais (65,8%) com variação de 2 a mais de 1.600/100mL.

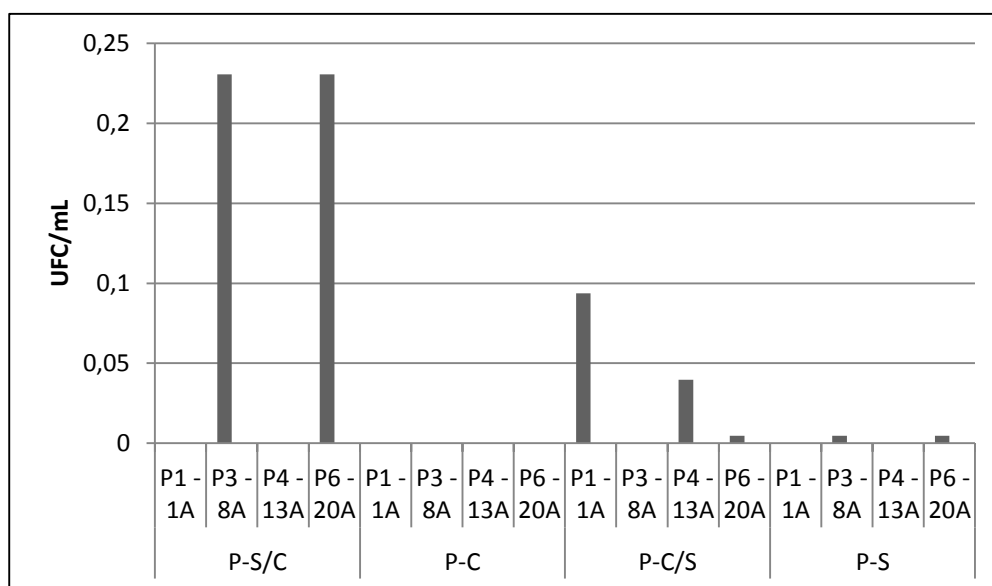


Figura 26 – Níveis colimétricos da água dos quatros poços tubulares ativos da Comunidade do Cinturão Verde, nas quatro estações do ano. ■ - níveis de CT; □ - níveis de EC.

7.6.4. Condições ambientais de coletas de água e solo durante os quatros períodos (estações)

As condições ambientais são fundamentais para avaliar e responder algumas questões em relação às variáveis de estudo. Durante o período de coletas para a água dos poços tubulares, avaliação da média da temperatura foi P-S/C ($29 \pm 0,33$), P-C ($29 \pm 0,82$), P-C/S ($29,4 \pm 0,82$), P-S ($29,8 \pm 0,87$) para os quatros períodos respectivamente, portanto quase não se observa uma variação significativa entre as temperaturas desses períodos (Figura 27). Para as amostras de solo, os valores de temperatura em média, foram: P-S/C ($31,79 \pm 0,99$), P-C ($30,56 \pm 1,63$), P-C/S ($38,81 \pm 3,94$), P-S ($31,95 \pm 0,70$) para os mesmos períodos respectivamente. Uma dessas condições como precipitação, pode ter influenciado no carregamento de materiais para o solo, como dejetos de animais, esgoto não tratado, resíduos

sólidos, assim aumentando a poluição dos mananciais e do solo, consequentemente elevando os níveis de coliformes totais e *E.coli* nas áreas estudadas.

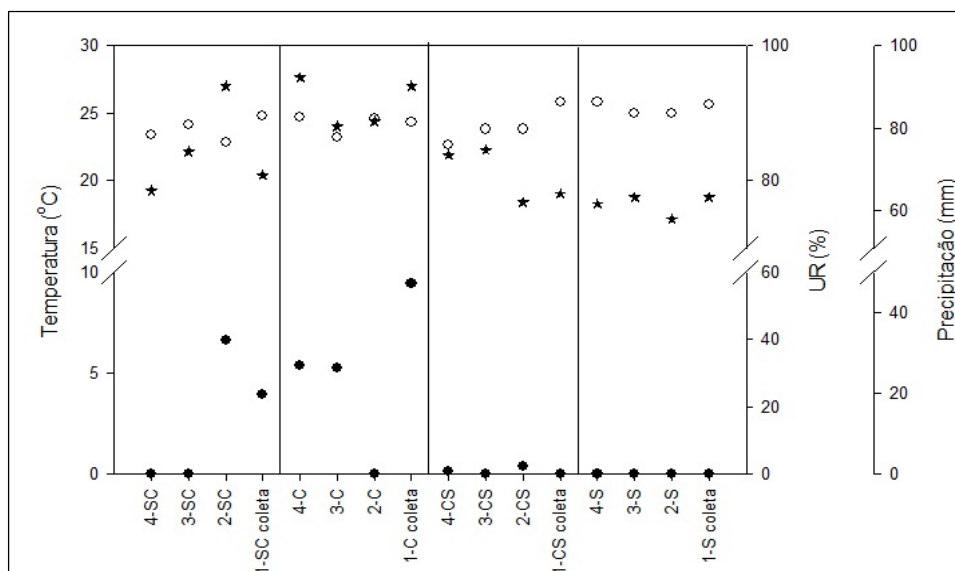


Figura 27 – Dados meteorológicos relacionados com o dia de coleta. ○ Temperatura do ar (°C); ★ Umidade relativa do ar (%); ● Precipitação de chuva (mm).

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A água dos poços e os solos utilizados pela comunidade rural do “Cinturão Verde” São Luís – MA não apresentam condições sanitárias adequadas.

- a) As análises colimétrica das amostras de água e do solo demonstraram uma relação direta com a falta de saneamento básico, que pode acarretar riscos à saúde pública;
- b) O desconhecimento dos riscos e a inexistência de monitoramento periódico dos poços tubulares e do solo colocam a população em risco a transmissão de patógenos;
- c) A maioria dos parâmetros físico-químicos das águas dos poços tubulares apresentou-se dentro dos volumes máximos permitidos pela legislação, contudo indicam a necessidade de tratamento da água;
- d) A técnica de Lutz adaptada foi mais eficiente que a técnica de Baermann-Moraes adaptada para análise de parasitas no solo, sendo apropriada para esse tipo de matriz ambiental.
- e) O monitoramento das condições sanitárias aponta a necessidade de medidas de vigilância da saúde ambiental, e de tratamento dos poços tubulares que são utilizados como água potável para a comunidade e nas atividades agrícolas, principalmente nos períodos sazonais de maior risco;
- f) Há necessidade de investimentos e ações do poder público no saneamento rural desta região para um controle de qualidade da água utilizada;
- g) Práticas de educação ambiental e de proteção dos poços tubulares afastando animais e de esgoto das fontes de água subterrânea são medidas que podem ajudar minimizar os problemas com a falta de qualidade sanitária encontrada nas águas dos poços tubulares e do solo.

9 PESPECTIVAS FUTURAS

- a) Que esses dados sejam utilizados para fundamentar e incrementar ações de controle efetivo da água de consumo humano na área rural, assim como a implantação de um sistema de cloração e procedimentos padronizados para realização da manutenção dos reservatórios.
- b) Implantação de um modelo padronizado de fossa séptica, orientação de manutenção e funcionamento da mesma.
- c) Orientação da destinação correta dos resíduos sólidos e aproveitamento dos resíduos orgânicos, isto é, a instalação de um sistema simplificado para coleta e destino dos resíduos gerados em pequenas comunidades é de fundamental importância para manter a higiene e consequentemente a saúde da população e também proteger o meio ambiente.
- d) É importante a observação, pelo poder público, de aspectos ambientais como ações e serviços de saneamento básico, tanto na prevenção de doenças, quanto na preservação do meio ambiente.

REFERÊNCIAS

- ABAS – Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. **Curiosidades**. 2000. Disponível em: <www.abas.org.br/curioso.html>. Acesso em: 15 dez. 2013.
- ALEXANDER, M. **Introduction of soil microbiology**. New York: John Wiley & Sons, 1977, 467 p.
- AMARAL, L.A.; et al. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. **Revista Saúde Pública**, v.37, p.510 - 514, 2003.
- AMARAL, L.S. **Monitoramento de parasitos e coliformes como parâmetros de avaliação sanitária de areia e água de praias da Baía de Guanabara** [dissertação]. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz; 2012.
- AMARAL, L. S. et al. **Parasitological Indicators of Contamination at Sand of Beaches and Monitoring by Traditional Methods and Immunoenzymatic Assay**. Accepted 20 October 2015. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering* v. 9(4): 304-311, 2015.
- AMARO FILHO, J; ASSIS JUNIOR, R.M.; MOTA, J.C.A. **Física do solo: conceitos e aplicações**. Fortaleza, imprensa universitária, 2008.
- ANDRAUS, S. 2006. **Aspectos microbiológicos da qualidade sanitária das águas do mar e areias das praias de Matinhos, Caiobá e Guaratuba-PR**. Dissertação de mestrado em Ciência do solo, Universidade Federal do Paraná.
- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS – ANA. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande**. Brasília (DF): 2011. 180 p. Relatório-Síntese.
- ANDRADE, N.J., MACEDO, J.A.B. **Análises físico-químicas e microbiológicas de águas, detergentes e sanificantes**. Viçosa-MG: UFV – Universidade Federal de Viçosa, 1994.
- APHA - American Public Health Association. **Standard Methods for the examination of Water and Wastewater**. 20. ed. Washington, 1998.
- _____. **Standard methods for the examination of water and waste water**. 18. ed. Washington D. C. **Academic Press**, 1992. p. 214-218.
- ARAÚJO, N. S.; RODRIGUES, C.; CURY, M. Helminthes in sandboxes of day care centers of a city in Southeastern Brazil. **Revista de Saúde Publica** v.42, p.150-153, 2008.
- ARAÚJO, P. P. **Variações sazonais dos componentes nitrogenados, em aquífero livre na zona urbana de Santa Isabel do Pará, nordeste do Pará**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências, Belém, 2001.113 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6502 - Rochas e solos. Rio de Janeiro; 1995.
- BABBITT, H.E.; DOLAND, J.J.; CLEASBY, J.L. **Abastecimento de água**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda., 592p.,1976.

BAERMANN, G. **Eine einfache Methode zur Auffindung Von Ankylostomum (Nematoden) – Larven in Erdproben.** Mededeelingenvan het geneeskundig Laboratorium. Weltevreden, Feestbundel, 1917.

BARROS, L.S.; et al. Perdas de solo e água em plantio de Acácia mangium Wild em Savana de Roraima, Norte da Amazônia. **R. Bras. Ci. Solo**, 33:235-475, 2009.

BARBOSA, A. S. *et al.* **Avaliação parasitológica da água de abastecimento e do solo peridomiciliar de Aldeias Guarani.** Rev Inst Adolfo Lutz. São Paulo, 72(1):72-80. 2013.

BECK, F. de L.; et al. **Projeto pedagógico-ensino de graduação.** Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS, 2000. 26p. (Boletim Técnico, n-6).

BERTALOT, M. J. A. **Crescimento e avaliação nutricional de leguminosas arbóreas potenciais para ecossistemas Agrofloreais num solo de Cerrado.** Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista, Botucatu-SP, 1997. 63p.

BOCKHEIM, J. G.; et al. Historical development of key concepts in pedology. **Geoderma**, v.24, p.23-36, 2005.

BORJA, P.C. et. Indicadores de saúde ambiental – Saneamento em políticas públicas: Análise crítica e proposta. In: **Congresso Interamericano da Engenharia Sanitária e Ambiental**, 27., 2000, Porto Alegre. Anais da ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária. Rio de Janeiro, 2000.

BRANCO, S.M. A água e o homem. In: **Hidrologia Ambiental**. v.3. São Paulo Edusp – Editora da Universidade de São Paulo, p. 2-25, 1991.

BRASIL. **Ministério das Cidades. Plano Nacional de Saneamento Básico – Plansab – Versão Preliminar.** Brasília: M. Cidades, novembro/2010. Disponível em: http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/PlanSaB/Proposta_Plansab.pdf. Acesso em 8 de junho de 2013.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento**. 3. ed. rev. Brasília: FUNASA, 2006a. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/internet/arquivos/biblioteca/eng/eng_saneam.pdf. Acesso em: 12 mai. 2014.

_____. Ministério da Saúde. Portaria 2914, 14 de dezembro de 2011. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade e dá outras providências, 2011.

_____. Leis, decretos, etc. Portaria n 518/GM, de 25 de março de 2004, Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. **Diário Oficial** [da] União da República Federativa do Brasil, Brasília, 25 de março de 2004. Seção 1.

_____. Ministério da Saúde. **Vigilância e Controle da Qualidade da Água para Consumo Humano.** Série B: Textos Básicos de Saúde. Brasília: Ministério da Saúde/Secretaria de Vigilância em Saúde. 212p., 2006b.

_____. Leis, decretos, etc. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de águas e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial** [da República Federativa do Brasil], Brasília, 18 de março de 2005.

_____. **Departamento Nacional de Produção Mineral**. Perfil Analítico de Águas Minerais, Boletim n.49 – v. 2. 1978. 160 p.

CANTER, L.W.; KNOX, R.C.; FAIRCHILD, D.M. Pollutant transport and fate considerations. In: _____. **Ground water – quality protection**. Chelsea (Michigan): Lewis Publisher, Inc., 1987.

CAMARGO, O. A.; et al. **Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agrônomo de Campinas – Boletim Técnico, 106**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas /Coordenadoria da Pesquisa Agropecuária. 77p., Novembro de 2009.

CAMARGOS, S.L. **Interpretação de análise de solo**. Cuiabá: UFMG/Faculdade de Agronomia de Medicina – Veterinária / Departamento de Solos e Engenharia Rural/Disciplina Solos II. 2005.

CASALI, A.C. **Qualidade da água para consumo humano ofertada em sacolas e comunidades rurais da região central do Rio Grande do Sul**. 2008.133p. Dissertação (Mestrado) - Pós-Graduação em Ciências do Solo Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/ RJ, 2008.

CASTRO NETO, P.P.; et al. **Poluição do solo**. São Paulo: CETESB; 1999. p. 35.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Definição de solo**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/solo/definicao.asp>>. Acesso em: 15 ago. 2015.

_____. **Variáveis de Qualidade da água**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81uas-superficiais/109-Vri%C3%A1eis-de-Qualidade-das-%C3%81uas>>. Acesso em: 15 dez. 2010.

CLESCERI, L. S; GREENBERG, A. E; EATON, A.D. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20. ed. Washington, DC: American Public Health Association; American Water Works Association; Water Environment Federation, 1999.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA. Ministério do Ambiente. Resolução nº 274, de 29 de Novembro de 2000. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, 25 jan. 2001; 18: Seção 1, p. 70-71.

DAZZO, F., SMITH, P., HUBBEL, D. The influence of manure slurry irrigation on the survival of faecal organisms in Stanton fine sand. **J. Environ. Qual.** v.2, p. 470-473, 1973.

DEBERDT, G.L.B. **Produção primária e caracterização da comunidade fitoplanctônica do reservatório de Salto Grande (Americana-SP) em duas épocas do ano**. São Carlos. 105p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São

Paulo, 1997.

DEL CAMPO, N. C.; QUIROZ, C. C. Riscos Microbiológicos Associados ao Uso de Piscinas Públicas. **Revista agualatinoamérica**, março/abril, 2003.

DE CARLI, G. A. **Parasitologia Clínica**: Seleção de Métodos e Técnicas de Laboratório para o Diagnóstico das Parasitoses Humanas. São Paulo: Atheneu, 2001.

DICIONÁRIO. Calagem. Disponível em:

<<http://www.dicionario.pro.br/dicionario/index.php/Calagem>>. Acesso em: 05 mai. 2013.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2. ed.rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

_____. **Cultivo de Algodão Irrigado**. 2003. Disponível em:

<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoIrrigado/solos.htm>>. Acesso em: 23 nov. 2013.

_____. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1979.

EPA – Environmental Protection Agency. **Health Effects of Land Application of Municipal Sludge**. EPA/1 – 85/015., 2000.

ESTEVES, F.A. A comunidade bentônica. In: **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Ed. Interciência Ltda, 1988.

ESTRADA, I. B.; et al. The survival of *Escherichia coli*, faecal coliforms and enterobacteriaceae in general in soil treated with sludge from wastewater treatment plants. **Biosource Technology**, Leon-Spain, v. 93, p. 191-198, 2004.

FEEMA. Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente – **Sistema de licenciamento de atividades poluidoras – SLAP**; Manual de procedimento, normas, legislação. Rio de Janeiro, 1983. 305p.

FERREIRA, R. R. M.; TAVARES FILHO, J.; FERREIRA V. M. Efeitos de sistemas de manejo de pastagens nas propriedades físicas do solo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 4, p. 913-932, 2010.

FEITOSA, A C.F.; MANOEL FILHO, J. **Hidrogeologia - Conceitos e Aplicações; CPRM - Serviço Geológico do Brasil**. Fortaleza: Editora Gráfica LCR, 1997.

FIORUCCI, A.R; BENEDETTI FILHO, E. A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos. **Revista Química Nova Escola**. n.22, novembro 2005.

FENZL, N. **Introdução à Hidrogeoquímica**. Belém: Universidade Federal do Pará, 1988. 188 p.

FERNANDES, M. A. B.; et al. A origem dos cloretos nas águas subterrâneas na Chapada do Apodi – Ceará. **Águas Subterrâneas**, 2005.

FORATTINI, O.P. **Ecologia, epidemiologia e sociedade**. São Paulo: Artes Médicas; 2004.

FORSYTHE, W. **Física de suelos**. Costa Rica: IICA, 1975.

FORTES, E. **Parasitologia veterinária**. 4. ed. São Paulo: Ícone, 2004.

FRANCO, B. D. G. de.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos Alimentos**. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2008.

FREITAS, M. B.; BRILHANTE, O. M.; ALMEIDA, L. M. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 17, p. 651-660, mai./jun. 2001.

FUNASA, Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**, Brasília, 2004. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/eng_analAgua.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2013.

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. 2. ed. rev. Brasília (DF): Fundação Nacional de Saúde, 2006.146p.

GERBA, C. P.; WALLIS, C.; MELNICK, J. L. Fate of waste water bacteria and viruses in soil. **J. Irrig. Drain**. p. 157-174, 1975.

GRECCO, D. O planeta está secando. **Revista Globo Ciência**, v.8, n.85, p.55 – 60, ago/1998.

GRONEWOLD, A.D.; WOLPERT, R.L. Modeling the relationship between most probable number (MPN) and colony-forming unit (CFU) estimates of fecal coliform concentration. **Water Research**, v.42, p.3327-3334, 2008.

GUIMARÃES, A. J. A.; CARVALHO, D. F. de; SILVA, L. D. B. da. **Saneamento básico**. Agosto, 2007. Disponível em: <<http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/Apostila%20IT%20179/Cap%201.pdf>>. Acesso em: 12 mai. 2014.

HELLER, L.; MOLLER, L.M. Saneamento e saúde pública. In: BARROS, R.TV., CHERNICHARO, C.A.L., HELLER, L., VON SPERLING, M (eds). **Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios**. DESA-UFMG & FEAM, Belo Horizonte, 1995.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2011) Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios. Banco de Dados Agregados (PNAD). Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/pnad/pnadpb.asp?o=3&i=P>. Acesso em 13 jan. 2014.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <<http://censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 12 mai. 2015.

_____. **Manual Técnico de Pedologia/Manuais técnicos em geociências**. 2. ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística / Ministério de Planejamento, Orçamento e Gestão. 2007.

ICMFS – INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATION FOR FOODS – **Ecologia microbiana de los alimentos 1- Factores que afectan a la supervivência de los microrganismos em los alimentos**. Zaragoza – España: Acribia, 1980.

IDEXX LABORATORIES. **How Quanti-Tray woks**. 2014. Disponível em: <<https://ca.idexx.com/water/products/quant-tray.html>>. Acesso em: 28 abr. 2014.

INEA - Instituto Estadual do Meio Ambiente. **Qualidade da água**. Rio de Janeiro, Brasil; 2011. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/fma/qualidade-agua.asp>>. Acesso em: 5 set. 2015.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. 2013. Disponível em: <www.agritempo.gov.br/agroclima/sumario?uf=MA> Acesso em: 16 abr. 2014.

INPA – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. **Análises Químicas**. Disponível em: http://ppbio.inpa.gov.br/Port/inventários/ducke/pterrestre/Análises_químicas.pdf. Acesso em 14 de abril de 2013.

ITOGRASS. Entendendo o pH do solo – Part 02. Disponível em: <<http://www.itograss.com.br/informativoverde/ediçao97/mat06ed97.html>> Acesso em 15 de junho de 2013.

JAY, J. M. **Microbiologia de Alimentos**. 6. ed. Porto Alegre: Artemed, 2005.

KAISER, D.R. **Fundamento da Ciência do Solo. Aulas Práticas**. Universidade Federal de Santa Maria. Centro de Ciências Rurais. Santa Maria, 2010. 112p.

KEGLEY, S.E; ANDREWS. **The chemistry of water**. Saulalito, CA: Universit Scienese Books, 1998. 167p.

KEISER, J.; UTZINGER, J. Efficacy of current drugs against soil-transmitted helminth infections: systematic review and meta-analysis. **Journal of the American Association**, v.299, p.1937–1948, 2008.

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia: relações solo-planta**. São Paulo: Ceres, 1979.

KEMERICH, Pedro Daniel da Cunha. **Água Subterrânea e a Saúde da Comunidade em bairro de Santa Maria- RS**. 2008. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) – Área de Concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), Rio Grande do Sul. 2008.

LARSEN, D. **Diagnóstico do saneamento rural através de metodologia participativa: estudo de caso, bacia contribuinte ao reservatório do rio verde, região metropolitana de Curitiba, PR**. 2010. 182 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

LEPSCH, I.F. **Formação e conservação dos solos**. Oficina de Textos. São Paulo. 2002.

LLANILLO, R. F.; GUIMARÃES, M. F.; TAVARES FILHO, J. Morfologia e propriedades físicas de solo segundo sistemas de manejo em culturas anuais. **Revista Brasileira de**

Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 17, n. 5, p. 524–530, 2013.

LIBÂNEO, M. **Fundamento de qualidade e tratamento de água**. 3. ed. Campinas, SP: Editora Átomo, 2010.494p.

_____. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas: Átomo, 2005 p. 1-98.

LIMA, J. R. **Monografia de Graduação**. Faculdade de Educação de Crateús, Brasil, 2011.

LIMA, E.C.R. **Qualidade de Água da Baía de Guanabara e Saneamento: uma Abordagem Sistêmica**. 2006. 183f. Rio de Janeiro. Tese (Doutorado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

MACEDO, J.A.B. **Métodos laboratoriais de análises físico-químicas e microbiológicas**. 4. ed. rev. atual. Belo Horizonte: CRQ-MG. 1009p.,2013.

MACEDO, J.A.B. **Métodos laboratoriais de análises físico-químicas e microbiológicas**. 3. ed. Belo Horizonte: CRQ-MG, 2005.

_____. **Águas & Águas**. 2. ed. Belo Horizonte: CRQ-MG, 2007.

MAIA, C. E., MORAIS, E. R. C., OLIVEIRA, M. Estimativa de carbonato de cálcio aplicado via água de irrigação nas regiões da Chapada do Apodi e Baixo Açu, RN. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, no 1, p. 71-75, 2001.

MANUAL técnico de pedologia. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. 300p. (Manuais técnicos em geociências, n.4).

MADIGAN, M. T.; et al. **Microbiologia de Brock**. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

MANCINI, L. et al. **Microbiological quality of Italian beach sands**. Microchemical Journal 2005;79:257-261.

MARINS, R. V.; PARAQUETTI, H. H. M.; AYRES, G. A. **Alternativa analítica para especiação físico-química de mercúrio em águas costeiras tropicais**. Instituto de Ciências do Mar, UFCE; Departamento de Geoquímica, Universidade Federal Fluminense. v.25, n.3, p. 372-378. 2002

MARION, F. A.; CAPOANE, V.; SILVA, J. L. S. DA. Avaliação da qualidade da água subterrânea em poço no campus da UFSM, Santa Maria – RS. **Ciência e Natura, UFSM**, 29(1): 97 - 109, 2007.

MEDEIROS, B.V.V. de, et. al. Caracterização física e química de solos sob pecuária bovina no semiárido do Seridó – RN [Periódico]. **Revista ACSA – OJS. Patos - PB: Nova Técnica**, 2013. Vol. 9. p. 08-16.

MELLO, C.B.S. **Avaliação parasitológica e contaminação sazonal de areias de parques públicos na região da zona leste da cidade de São Paulo**. Dissertação de Mestrado em Saúde Pública. Universidade de São Paulo. S.P. Departamento de Saúde Ambiental. 2010.

MENDES, B.; OLIVEIRA, J.F.S. **Qualidade da Água para Consumo Humano**. Porto, Portugal: LIDEL, 2004.

MONTEIRO, D. T. L. **Comparação da qualidade bacteriológica da água marinha e da areia seca e molhada de duas praias do litoral leste do Ceará**. 2013. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/6517/1/2013_dis_dtlmonteiro-1.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2014.

MORO, F.C.B.; et al. *Ancylostoma* spp. e *Toxocara* spp. Biodiversidade Pampeana. **Pucrs**, Uruguaiana, v.6, p.25-29, 2008.

MOTA, Suetônio. **Introdução à engenharia ambiental**. Rio de Janeiro: ABES, 2010. 4 ed. 388 p.

NEVES, D. P. **Livro Parasitologia Dinâmica**. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 2009.

OGA, S.; et al. **Fundamentos de toxicologia**. 3. ed. São Paulo: Atheneu; 2008. 677p.

OLIVEIRA, T. C. T. de. et al. Efeito da salinidade na atividade microbiológica em esterco caprino e bovino. In: CONGRESSO DE PESQUISAS E INOVAÇÃO DA REDE NORTE E NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA, 4., 2009. Belém. **Anais eletrônicos...** Belém do Pará: CONNEPI, 2009. Disponível em: <http://connepi2009.ifpa.edu.br/connepi-anais/artigos/175_614_1891.pdf>. Acesso em: 04 mai. 2014.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. **Diretrizes para a qualidade da água potável**. 4. ed. Genebra: WHO, 2011 541 p. Disponível em: <http://whqlibdoc.who.int/publications/2011/9789241548151_eng.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2014.

_____. World Health Organization. Weekly Epidemiological. **Record 81**, 145-165, 2006.

_____. **Água e Saúde – Organização Panamericana de Saúde/Organização Mundial de Saúde**. 30/01/2001. Brasil. Disponível em: <<http://www.opas.org.br/sistema/fotos/agua.PDF>>. Acesso em: 20 abr. 2013.

PAGANINI, W.S. **Disposição de esgotos no solo: escoamento à superfície**. São Paulo: SABESP; 1997.p.22.

PARRON, L.M; MUNIZ, D.H.F; PEREIRA,C.M. **Manual de procedimentos de amostragem e procedimentos físico-químicos de água – Documentos**. 232. Colombo/PR: Embrapa Florestas. 65p., 2011.

PEDROSA, C.A; CAETANO, F.A. **Água subterrâneas**. Agência Nacional de Águas. Superintendência de Informações Hidrogeológicas. Brasília (DF): 2002, 85p. Disponível em: <www.ana.gov.br/gestaoRecHidricos/infoHidrologicas/aguasSubterr/EstudosaguasSubterraneasANA22-08-02.doc>. Acesso em: 16 jul. 2013.

PÉREZ, D. V. **Química na agricultura**. Disponível em: <http://web.ccead.puc.rio.br/condigital/mvs/Sala%20de%Leitura/Conteúdos/SL_química_na_agricultura.pdf>. Acesso em: 27 dez. 2011.

PEREIRA, T. T. C.; KER, J. C.; ALMEIDA, C. C. Qualidade de solos cultivados com Eucaliptona região central de Minas Gerais: atributos físicos, químicos e mineralógicos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.7, p.706-713, 2012.

PINTO, Paulo Augusto da Costa. **Determinação de carbono orgânico em amostras de terra**. Disponível em: <<http://www.augustocoimbra.xpg.com.br/carbonorg.coc>>. Acesso em: 03 ago. 2012.

PHILIPPI JR., A. **Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. Barueri, São Paulo: Manole, 2005. [Coleção Ambiental 2].

POHLING, R. **Reações químicas na Análise de Água**. Fortaleza: Gráfica Editora Arte Visual. 334p., 2009.

REBOUÇAS, A.C. Água doce no mundo e no Brasil. In: **Água doce no Brasil – Capital Ecológico, uso e conservação**. 2 ed. São Paulo: Escrituras Editora e Distribuidora de Livros Ltda. p.1-37, 2002.

REIS, D. **Relatório de alcalinidade e dureza**. 2011. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAff18AJ/relatorio-alacalinidade-dureza>>. Acesso em: 10 out. 2013.

REGO, J. C. V. **Qualidade Sanitária de Água e Areia de Praias da Baía de Guanabara**. 2010. 132p. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública)-Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca ENSP/FIOCRUZ, Rio de Janeiro, junho de 2010.

REY, L. **Parasitologia**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. p.883.

RICHTER, C.A.; AZEVEDO NETTO, J.M. **Tratamento de água**. São Paulo: Edgard Blucher, 1991. 332p.

RICHTER, C. A. **Água: métodos e tecnologia de tratamento**. São Paulo: Edgard Blücher, 2009. 1 ed. 352 p.

RICHARDS, L. A. (Ed.). **Diagnosis and improviment of saline and alkali soils**. Washington DC, US Department of Agriculture, 1954.160 p. (USDA Agricultural Handook, 60).

ROCHA, C. M. B. M.; et al. Avaliação da qualidade da água e percepção higiênico sanitária na área rural de Lavras, Minas Gerais, Brasil, 1999-2000. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 9, p. 1967-1978, set. 2006.

RONQUIM, C.C. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Campinas: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Embrapa Monitoramento por Satélite/Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 27p., 2010.

SANTOS, E.S.; ZANELLO, S. **Análises físico-químicas de águas e de solos**. Pinhais: Universidade Tecnológica Federal do Paraná/ Secretaria de Estado da Educação. 68p., 2008.

SANTOS, A. C. Noções de Hidroquímica. In: FEITOSA, Fernando Antonio Carneiro; MANOEL FILHO, João (Org.). **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. 2. ed. Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE, 2000. Cap. 5, p. 81-108.

SARDINHA, Diego de Souza et al. Avaliação da qualidade da água e autodepuração do Ribeirão do Meio, Leme (SP). **Revista Engenharia Sanitária Ambiental**, v.13, n. 3, p. 329-338, jul/set 2008.

SENA, W. de L. **Avaliação dos atributos químicos e carbono microbiano de um Latossolo Amarelo sob sistemas agroflorestais em comparação com floresta secundária, Marituba, Pará**. 2006. 103 p., Tese (Doutorado), Universidade Federal Rural da Amazônia e Embrapa- Amazônia Oriental, Belém-PA, 2006.

SILVA, F.C. **Manual de análises química de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. rev. e ampliada. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 627p. 2009.

SILVA, E.F.; SALGUEIRO, A.A. Avaliação da qualidade bacteriológica de água e poços na Região Metropolitana de Recife-PE. **Rev. Hig. Alim.** São Paulo, v.15, n.90/91, p.73-78, 2001.

SILVA, Fábio César da; et al. **Manual de análises químicas de solo, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica – EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária., 627p, 2009.

SMAC - Rio de Janeiro (Município). Secretaria do Meio Ambiente. Resolução nº468, de 28 de Janeiro de 2010. Sobre a análise e informações das condições das areias das praias no Município do Rio de Janeiro.

SMITH, S.A. Source Water Quality Management – Groundwater. In: **Water Quality and Treatment**. 5. ed. AWWA, Denver, USA, 1999.

SOIL. **Survey Manual**. Washington, D.C.: U.S. Department of Agriculture, 1951. 503 p. (Agriculturehandbook, n.18).

SANCHES, S.M, SILVA, C. H. T., VIEIRA, E.M. Agentes desinfetantes alternativos para o tratamento de água. **Química Nova na Escola**. Nº 17, pgs 8 a 12 MAIO, 2003.

SILVA, M.L. **Hidroquímica elementar e dos isótopos de urânio no aquífero de Manaus-AM**. Rio Claro: UNESP, Dissertação (Mestrado em Conservação e Manejo de Recursos), Centro de Estudos Ambientais, Universidade Estadual Paulista, 82p., 1999.

SILVA, M.L.; BONOTTO, D.M. **Caracterização hidrogeoquímica na Formação Alter do Chão, Município de Manaus (AM)**. 1st Joint World Congresson Ground water. Fortaleza, 2000.

SILVA, M. L.; SILVA, M. S. R. **Perfil da qualidade das águas subterrâneas de Manaus**. Holos Environment, v.7, n.1,p.1-15. 2007.

SILVA, F.C da.; EIRA, P.A.da.; VAN RAIJ, B.; SILVA, C.A. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes – Capítulo 3**. Brasília (DF): Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia – EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1999.

SILVA, R. C. A.; ARAUJO, T. M. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). **Ciência & Saúde Coletiva**, São Paulo, v.8 n.4, p.1019-1028, 2003. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/csc/v8n4/a23v8n4.pdf> Acesso em 05 out. 2013.

SOUTO, F.A.F.; ROSÁRIO, J.M.L.; OLIVEIRA, M.J.; SACASA, R.J.V.; MOURA, H.P.; AQUINO, R.W.P.; FERREIRA, A.L.C.; GOMES, W.L. **Avaliação preliminar da água consumida no loteamento Marabaixo III, Macapá-AP**. Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá, 2004. Disponível em <www.iepa.ap.gov.br/arquivopdf/artigo_geologia/avaliacao.pdf> Acesso em 10 jan. 2013.

SOUZA, W.J.S.; MAZZUCCO, A.M.; COUTINHO, S.G. Prevalência de parasitismo por *Ascaris lumbricóides* e *Trichuris trichiura* em 436 escolares. **Jornal de Pediatria**, v.46, p.227-233, 1979.

SOUZA, F.; MAMEDE-NASCIMENTO TL, SILVEIRA DOS SANTOS C. **Encontro de Ovos e Larvas de Helmintos no Solo de Praças Públicas na Zona Sul da Cidade do Rio de Janeiro**. v. 36 (3): 247-253. set.-dez. 2007.

SOTERO-MARTINS, A., et al. O Controle da Qualidade microbiológica e parasitária em áreas de recreação. **Revista Eletrônica Gestão & Saúde**, vol. 04, nº 03, Ano 2013, p.1075-95. Disponível em: <<http://gestaoesaude.unb.br/index.php/gestaoesaude/article/view/498>>. Acesso em: 19 abr. 2014.

SPRINGWAY. **Contaminantes**. Disponível em: <<http://www.springway.com.br/asau/cont/cont-f.html>>. Acesso em: 05 mai. 2004.

STOTZKY, G. Gene transfer among bacteria in soil. In: Levy, S., Miller, E. (Ed.). **Gene Transfer in the Environment**. New York, McGraw-Hill, 1989. p. 165-222.

TATE, R. L. Cultural and environment factors affecting the longevity of *Escherichia coli* in Histosols. **Applied and Environmental Microbiology**, v.35, p. 925-929. 1978.

THOMANN, R.V.; MUELLER, J.A. Principles of surface water quality modeling and control. **Harper International Edition**. 1987. 664p.

THOMAZ, S. M; ROBERTO, Maria C; BINI, Luís M. Caracterização limnológica dos ambientes aquáticos e influência dos níveis fluviométricos. In: VAZZOLER, Anna E. A. M; AGOSTINHO, Ângelo A; HAHN, Norma S. **A Planície de Inundação do Alto Rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos**. Maringá: UEM, 1997.

TEIXEIRA, Wilson.; et al. **Decifrando a Terra**. 2. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009.

THOMASON, B. M. DODDE, D. J.; CHERRY, W. B. Increased recovery of *Samonella* from environmental samples enriched with buffered peptone water. **Appliedand Environmental Microbiology**, v. 34, n. 3, p. 270-273, 1977.

TORMENA, C.A.; SILVA, A.P.; LIBERDADE, P.L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 22:573-581, 1998.

TORTORA, G. I.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. **Microbiologia**. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.

TOMÉ JR., J. B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba: Agropecuária, 1997.

TSEGAYE, T. D; et al. Calibration and modification of impedance probe for near surface soil moisture measurements. **Canadian J. Soil Sci.**, 84:237-243, 2004.

VAN LIER, J.Q. **Oxigenação do sistema radicular: uma abordagem física**. R. Bras.Ci. Solo, v. 25, p. 233-238, 2001.

VASCONCELOS, J. M. **Indicadores químicos e biológicos de latossolo amarelo submetido ao sistema de preparo de área usando a queima e trituração da vegetação no Nordeste Paraense**. 2010. p.105. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém-PA, 2010.

WHITMAN, R. L.; NEVERS, M. B. **Foreshore sand as a source of *Escherichia coli* in near shore water of a Lake Michigan beach**. Appl Environ Microbiol. 69(9):5555-62. 2003.

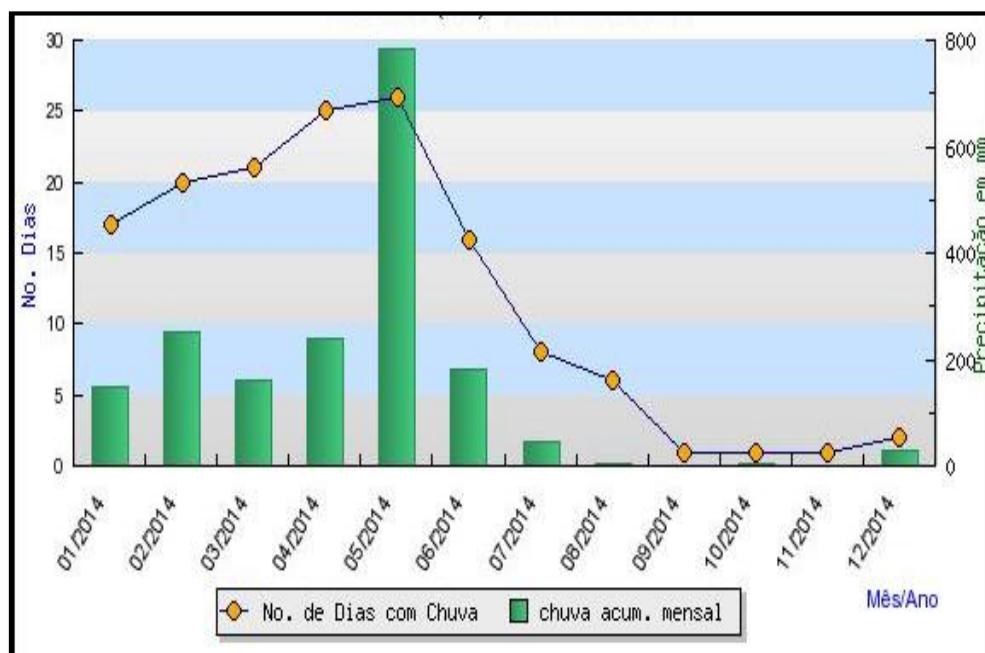
WHO - World Health Organisation. **Guidelines for drinking-water quality**. 2. ed. Volume 1. Recommendations. WHO, Geneva, 1993. 188p.

_____. OMS. Organização Mundial de Saúde. Disponível em:
<<http://www.opas.org.br/prevenção/>>. Acesso em: 15 mar. 2013.

ZOBY, J. L. G. Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil. Revista Águas Subterrâneas, Natal, Supl. In: **XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**, 2008.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Chuva acumulada mensal e o número de dias com chuva em São Luís – MA
– ano 2014.



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2013).

APÊNDICE B – Resultados das análises físico-química das águas dos poços tubulares e servidas.

Tabela 1 – Análise físico-química das águas do período de transição seco/chuvoso (06/01/2014).

REGIÕES										
Parâmetros	R1		R3		R4		R6			R7
Físicos	1A	3A	8A	10A	13A	15A	20A	22A	26A	25A
Hora da Coleta (h)	10:10	10:16	10:30	10:52	09:35	09:46	09:12	09:20	09:25	11:15
Temperatura da amostra (°C)	29	29	29	29	29	29	28	29	29	30
Cor (uC)	3,2	4,2	5,2	5,7	4,7	5,7	2,3	2,8	4,0	12,4
Turbidez (NTU)	0,71	0,47	0,62	0,70	1,44	1,77	0,42	0,48	1,24	1,15
Químicos										
pH	4,3	4,8	5,6	5,2	6,3	6,6	4,7	5,0	5,8	5,2
Condutividade elétrica (µS/cm)	77	81	142	140	336	322	84	73	83	149
Cloro residual livre (mg/L)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Dureza total (mg.L ⁻¹ CaCO ₃)	263,150	271,015	841,235	884,213	372,19	374,30	382,093	29,04	799,976	115,33
Oxigênio dissolvido (mg.L ⁻¹)	5,6	5,0	5,2	5,8	5,6	5,2	6,8	6,3	6,0	5,8
Sólidos totais dissolvidos-TDS (mg.L ⁻¹)	44	49	99	98	151	149	38	35	36	95
Alcalinidade total (mg.L ⁻¹ CaCO ₃)	55,496	41,884	280,411	294,737	119,99	119,36	4,50	2,72	328,204	38,44
Gás carbônico livre (mg.L ⁻¹)	46,31	40,12	42,23	40,1	49,71	40,76	45,91	38,70	17,80	40,20
Cloretos (mg.L ⁻¹)	5,99	5,99	10,99	10,99	9,99	9,99	6,99	6,99	6,99	8,99
Salinidade (‰)	0,0408	0,0408	0,0490	0,0490	0,0480	0,0480	0,0426	0,0426	0,0126	0,0462

Tabela 2 – Análise físico-química das águas do período chuvoso (07/04/2014)

REGIÕES										
Parâmetros	R1		R3		R4		R6		R7	
Físicos	1A	3A	8A	10A	13A	15A	20A	22A	26A	25A
Hora da Coleta (h)	11:10	11:18	09:45	09:52	10:10	10:35	11:35	11:51	10:00	12:35
Temperatura da amostra (°C)	28	29	29	29	28	31	28	27	29	30
Cor (uC)	11,0	10,4	10,3	6,4	14,9	12,4	7,0	5,9	5,2	13,0
Turbidez (NTU)	0,40	0,38	1,39	0,48	1,59	0,88	0,86	0,35	0,38	1,23
Químicos										
pH	5,8	6,4	6,6	7,7	7,1	7,1	4,7	5,7	5,3	5,3
Condutividade elétrica (µS/cm)	101	110	42	154	214	207	113	66	151	151
Cloro residual livre (mg/L)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Dureza total (mg.L ⁻¹ CaCO ₃)	65,612	63,156	63,156	117,89	223,50	228,76	43,156	47,367	101,103	101,103
Oxigênio dissolvido (mg.L ⁻¹)	5,6	5,0	5,2	5,8	5,6	5,2	6,8	6,3	6,0	5,8
Sólidos totais dissolvidos-TDS (mg.L ⁻¹)	44	44	67	70	69	106	49	35	69	69
Alcalinidade total (mg.L ⁻¹ CaCO ₃)	11,722	12,698	5,209	188,848	61,864	68,702	8,14	5,861	17,321	18,402
Gás carbônico livre (mg.L ⁻¹)	45,975	82,344	4,559	4,559	46,336	54,209	5,472	5,998	4,121	5,120
Cloretos (mg.L ⁻¹)	5,998	6,331	6,220	5,998	8,330	8,664	5,332	5,998	5,120	9,314
Salinidade (‰)	0,0408	0,0414	0,0410	0,0410	0,0450	0,0456	0,0396	0,0408	0,0392	0,0470

Tabela 3 - Análise físico-química das águas do período de transição chuvoso/seco (06/08/2014).

REGIÕES										
Parâmetros	R1		R3		R4		R6			R7
Físicos	1A	3A	8A	10A	13A	15A	20A	22A	26A	25A
Hora da Coleta (h)	09:19	09:41	09:58	10:31	11:06	11:30	11:44	12:10	11:53	12:31
Temperatura da amostra (°C)	28	28	29	29	29	32	29	29	31	30
Cor (uC)	11,0	14,6	12,4	12,1	15,7	12,0	11,0	11,4	12,7	13,5
Turbidez (NTU)	0,44	0,90	0,36	0,30	1,07	0,26	0,29	0,51	0,63	0,56
Químicos										
pH	4,9	5,2	6,5	6,4	6,7	5,1	4,6	4,9	6,1	5,0
Condutividade elétrica (µS/cm)	117	153	285	283	339	109	95	87	94	121
Cloro residual livre (mg/L)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Dureza total (mg.L ⁻¹ CaCO ₃)	59,296	69,822	206,471	275,079	337,885	26,304	23,782	24,142	34,592	84,251
Oxigênio dissolvido (mg.L ⁻¹)	2,5	3,0	3,0	4,3	3,3	4,2	3,6	3,9	3,9	4,8
Sólidos totais dissolvidos-TDS (mg.L ⁻¹)	48	49	124	120	158	39	40	37	41	77
Alcalinidade total (mg.L ⁻¹ CaCO ₃)	12,317	12,698	89,54	82,702	112,33	6,186	8,14	6,837	13,02	42,14
Gás carbônico livre (mg.L ⁻¹)	5,213	3,331	3,910	11,730	4,344	4,344	4,634	2,896	1,014	8,421
Cloretos (mg.L ⁻¹)	7,297	7,997	6,997	6,298	9,597	5,998	5,998	6,331	5,998	6,661
Salinidade (‰)	0,043	0,044	0,043	0,041	0,047	0,041	0,048	0,041	0,041	0,032

Tabela 4 – Análise físico-química das águas do período seco (17/10/2014).

REGIÕES										
Parâmetros	R1		R3		R4		R6			R7
Físicos	1A	3A	8A	10A	13A	15A	20A	22A	26A	25A
Hora da Coleta (h)	08:45	09:00	09:10	09:20	09:45	09:50	10:20	10:30	10:45	10:55
Temperatura da amostra (°C)	28	30	29	29	29	31	29	32	31	30
Cor (uC)	2,3	12,5	3,0	10,3	11,4	8,7	4,6	5,8	11,1	22,0
Turbidez (NTU)	0,31	1,19	0,35	0,40	0,76	0,42	0,36	0,36	0,49	0,64
Químicos										
pH	4,9	7,8	6,7	6,8	5,2	4,7	4,4	5,4	5,2	4,3
Condutividade elétrica (µS/cm)	69	165	335	153	365	65	91	84	84	219
Cloro residual livre (mg/L)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Dureza total (mg.L ⁻¹ CaCO ₃)	73,508	50,446	188,815	185,211	211,155	263,046	210,893	255,836	27,025	83,237
Oxigênio dissolvido (mg.L ⁻¹)	5,0	6,6	3,8	3,7	3,9	4,2	4,4	4,3	5,2	3,5
Sólidos totais dissolvidos-TDS (mg.L ⁻¹)	44	165	155	153	185	41	39	36	37	140
Alcalinidade total (mg.L ⁻¹ CaCO ₃)	9,938	19,236	140,102	134,011	148,438	6,733	5,129	7,694	10,579	52,578
Gás carbônico livre (mg.L ⁻¹)	5,503	1,069	3,515	3,668	4,126	3,668	4,738	1,528	1,986	5,971
Cloretos (mg.L ⁻¹)	6,331	11,996	5,998	6,997	7,997	5,998	5,998	5,332	6,331	7,997
Salinidade (‰)	0,0114	0,0216	0,0108	0,0126	0,0144	0,0108	0,0107	0,0096	0,0144	0,0144