



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ESTRATIFICAÇÃO TÉRMICA E QUÍMICA DA COLUNA DE ÁGUA EM
CISTERNAS NO SEMIÁRIDO DO ESTADO DA PARAÍBA

FÁBIO BATISTA PEREIRA MAIA

João Pessoa - PB
Junho de 2017

FÁBIO BATISTA PEREIRA MAIA

**ESTRATIFICAÇÃO TÉRMICA E QUÍMICA DA COLUNA DE ÁGUA EM
CISTERNAS NO SEMIÁRIDO DO ESTADO DA PARAÍBA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Graduação em
Engenharia Ambiental, da Universidade
Federal da Paraíba, Centro de Tecnologia,
Departamento de Engenharia Civil e
Ambiental, como um dos requisitos para a
obtenção do título de Bacharel em Engenharia
Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Tarciso Cabral da Silva

João Pessoa – PB

Junho – 2017

M28e Maia, Fábio Batista Pereira

Estratificação térmica e química da coluna de água em cisternas no semiárido do estado da Paraíba / Fábio Batista Pereira Maia. – João Pessoa, 2017.

64f. il.:

Orientador: Prof. Dr. Tarciso Cabral da Silva

Monografia (Curso de Graduação em Engenharia Ambiental) Campus I - UFPB / Universidade Federal da Paraíba.

1. Qualidade de água 2. Variações dos parâmetros 3. Cisternas de placas e de polietileno 4. Semiárido I. Título.

BS/CT/UFPB

CDU: 2.ed. 62:711 (043)

FOLHA DE APROVAÇÃO

FÁBIO BATISTA PEREIRA MAIA

ESTRATIFICAÇÃO TÉRMICA E QUÍMICA DA COLUNA DE ÁGUA EM CISTERNAS NO SEMIÁRIDO DO ESTADO DA PARAÍBA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado em 05/06/2017 perante a seguinte Comissão Julgadora:

Tarciso Cabral da Silva

Prof. Dr. Tarciso Cabral da Silva
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO

Carmen Lúcia Moreira Mendes

Prof. Dr.ª Carmen Lúcia Moreira
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO

Claudia Coutinho Nóbrega

Prof. Dr.ª Claudia Coutinho Nóbrega
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADA

Adriano Rolim da Paz

Prof. Adriano Rolim da Paz
Coordenador do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida, me proporcionando a cada dia a oportunidade de recomeçar. A meus pais, que são os meus maiores exemplos, e a quem devo tudo, pois reconheço todo o sacrifício e dedicação, que sem dúvidas foram fundamentais para que eu pudesse concluir minha graduação. Aos meus queridos irmãos, que sempre estão por perto em todos os momentos de minha vida, ajudando, apoiando, e que de uma forma ou de outra também contribuíram para a concretização desse sonho.

A todos os meus familiares, avós, tios, primos e sobrinhos, que me ajudaram em diversas ocasiões durante minha trajetória na UFPB, cada um deles, a sua maneira, pôde contribuir e participar junto comigo e hoje fazem parte dessa vitória.

A minha namorada, que com seu jeitinho, me ajudou e incentivou pacientemente, tornando mais alegres e prazerosos meus dias, mesmo os mais árduos, como finais de período e durante a conclusão desse trabalho. Aos meus verdadeiros amigos, que estiveram sempre ao meu lado, nas alegrias e nas dificuldades, e que nunca se afastaram mesmo quando eu estive ausente. Todos eles fizeram e ainda fazem parte de minha vida, contribuindo bastante para que eu possa seguir sempre em frente e em busca de meus objetivos.

Aos professores da Universidade Federal da Paraíba que fizeram parte de minha vida durante toda a minha graduação, transmitindo seus conhecimentos e contribuindo com minha formação acadêmica, profissional e pessoal. Sinto-me muito honrado de ter convivido com todos vocês. Dentre eles, agradeço em especial aos professores, Tarciso Cabral da Silva, que me abriu as portas para a iniciação científica e me guiou com muita competência e paciência para realização desse Trabalho de Conclusão de Curso e Claudio Ruy Portela por seus valiosíssimos ensinamentos em sala de aula e ter me concedido a oportunidade de estágio na Comissão de Gestão Ambiental da UFPB, onde pude aprender muito, e ampliar meus conhecimentos.

A todos do Laboratório de Recursos Hídricos e Engenharia Ambiental que contribuíram com meu TCC, principalmente a Prof.^a Taysa Tamara, que foi para mim como uma coorientadora, me auxiliando e contribuindo em diversos momentos.

RESUMO

Ainda hoje, na segunda década do século XXI, dentre tantos problemas vivenciados pelas populações difusas da região semiárida brasileira, o da escassez de água é o principal. As severas condições climáticas da região, que são caracterizados por altas temperaturas e baixos índices pluviométricos e solo raso com embasamento cristalino, impossibilitam a formação de rios perenes. Ademais, a ocorrência de anos sucessivos com precipitações anuais abaixo da média constitui o cenário de seca, típico do semiárido. As secas periódicas fizeram com que, a partir da primeira década do novo século, fossem implantados pelo governo federal alguns programas de convivência com a seca, como o programa “Um milhão de cisternas” e o “Água para todos”, que, entre outros objetivos, visam a implementação de sistemas de captação e armazenamento de águas de chuva por meio de cisternas de placas de concreto e polietileno. Nesse contexto, surgem as necessidades de avaliação da qualidade das águas que são armazenadas nas cisternas quanto à sua conformidade com a Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde, que se refere à potabilidade da água para o consumo humano bem como outros fatores também relevantes. O principal objetivo desse trabalho é fazer uma avaliação da água das chuvas armazenadas em cisternas de placas e polietileno, com enfoque no comportamento da variabilidade dos parâmetros físicos e químicos ao longo da coluna de água. São mostrados resultados relativos aos valores dos parâmetros físico-químicos (temperatura, pH, Sólidos Totais Dissolvidos (SDT), turbidez, Oxigênio Dissolvido (OD), Condutividade Elétrica (CE) e salinidade) obtidos com a utilização de uma sonda multiparamétrica para a análise de águas. Foram feitas análises de perfis com base em 21 medições realizadas em cisternas localizadas, nas cidades de Cabaceiras e São Sebastião de Lagoa de Roça, na região semiárida da Paraíba. Entre os sete parâmetros físicos e químicos avaliados, foi possível identificar processos de estratificação na temperatura e no pH. Quanto à análise entre os valores médios dos perfis entre cisternas de placas de concreto e polietileno, houve diferenças perceptíveis nos parâmetros pH, CE, SDT e salinidade. Os parâmetros físico-químicos analisados apresentaram-se, em quase todos os casos analisados, em conformidade com a Portaria MS 2914/2011.

PALAVRAS- CHAVE: qualidade de água, variações dos parâmetros, cisternas de placas e de polietileno, semiárido

ABSTRACT

Even today, in the second decade of the 21st century, among many problems experienced by the diffuse populations of the Brazilian semi-arid region, water scarcity is the main problem. The severe climatic conditions of the region, which are characterized by high temperatures and low rainfall and shallow soil with crystalline basement, make it impossible to form perennial rivers. In addition, the occurrence of successive years with below-average annual rainfall constitutes the dry season, typical of the semi-arid. From the first decade of the new century, the periodic droughts caused the implementation by the federal government of some drought coexistence programs, such as the "One Million Cisterns" program and the "Water for All" program, which among others objectives, aim at the implementation of systems for collecting and storing rainwater through cisterns of concrete and polyethylene slabs. In this context, the needs for assessing the quality of the water stored in the cisterns appear to be in compliance with Ministry of Health Ordinance No. 2914/2011, which refers to the potability of water for human consumption, as well as other relevant factors. The main objective of this work is to make an evaluation of the rainwater stored in cisterns of plates and polyethylene, focusing on the behavior of the variability of the chemical and fiscal parameters along the water column. Results are presented concerning the values of physico-chemical parameters (temperature, pH, Total Dissolved Solids (TDS), turbidity, Dissolved Oxygen (DO), Electrical Conductivity (EC) and salinity obtained using a multiparameter probe for analysis of water. Profiles were analyzed based on 21 measurements performed in cisterns located in the cities of Cabaceiras and São Sebastião de Lagoa de Roça, in the semi-arid region of Paraíba. Among the seven physical and chemical parameters evaluated, it was possible to identify stratification processes in temperature and pH. As for the analysis about average values of the profiles between cisterns of concrete and polyethylene plates, there were perceptible differences in the parameters pH, CE, SDT and salinity. The physical-chemical parameters analyzed were, in almost all cases analyzed, in accordance with the Administrative Rule MS 2914/2011.

KEYWORDS: water quality, parameters variation, concrete and polyethylene tanks, semi-arid

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa do município de Cabaceiras/PB.....	23
Figura 2 - Mapa do município de SSLR/PB.....	24
Figura 3 - Medidor multiparâmetro portátil HANNA ®9829 com seu mostrador e a sonda...	26
Figura 4 - Planilha eletrônica gerada a partir dos dados da sonda multiparâmetro (separado por parâmetros).....	28
Figura 5 - Planilha eletrônica gerada a partir dos dados da sonda multiparâmetro (separado por cisternas).....	29
Figura 6 - Perfil de Temperatura	31
Figura 7 - Perfil de Potencial Hidrogeniônico.....	32
Figura 8 - Perfil da Condutividade Elétrica.....	35
Figura 9 – Perfil dos Sólidos Dissolvidos Totais	36

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 - Precipitação acumulada nos anos hidrológicos na região semiárida.....	16
Quadro 2 – Caracterização das cisternas e suas águas armazenadas.....	27
Tabela 1 - Valores médios, extremos, relação máxima/mínima e gradientes de Temperatura da água nas cisternas	31
Tabela 2 - Valores médios, extremos, relação máxima/mínima e gradientes de pH da água nas cisternas	33
Tabela 3 - Valores de média, extremos, relação máxima/mínima e gradientes de OD da água nas cisternas.....	34
Tabela 4 - Valores médios, extremos, relação máxima/mínima e gradientes de CE da água nas cisternas	35
Tabela 5 - Valores médios, extremos, relação máxima/mínima e gradientes de SDT da água nas cisternas.....	37
Tabela 6 - Valores médios, extremos, relação máxima/mínima e gradientes de Salinidade da água nas cisternas	38
Tabela 7 - Valores médios, extremos, relação máxima/mínima e gradientes de Turbidez da água nas cisternas	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASA – Articulação no Semiárido

CADÚNICO - Cadastro Único para Programas Sociais

CE - Condutividade Elétrica

Codevasf - Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco

CPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IVA - Índice de Vulnerabilidade Socioeconômica e Ecológica

MDSA - Ministério do Desenvolvimento Social e Agrário

MS - Ministério da Saúde

OD - Oxigênio Dissolvido

ONG – Organização Não Governamental

P1MC - Programa 1 Milhão de Cisternas

pH - Potencial Hidrogeniônico

SAB - Semiárido Brasileiro

SCAAC - Sistemas de Captação e Armazenamento de Águas de Chuva

SDR - Secretaria de Desenvolvimento Regional

SDT - Sólidos Dissolvidos Totais

SSLR – São Sebastião de Lagoa de Roça

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1	CARACTERIZAÇÃO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO	14
2.2	PROBLEMÁTICA DA ESCASSEZ DE ÁGUA NA REGIÃO DO SEMIÁRIDO	15
2.3	PROGRAMA 1 MILHÃO DE CISTERNAS (P1MC)	16
2.4	PROGRAMA ÁGUA PARA TODOS	18
2.5	QUALIDADE DA ÁGUA NAS CISTERNAS	19
3	METODOLOGIA	22
3.1	A ÁREA DE ESTUDO	22
3.1.1	Município de Cabaceiras – PB.....	22
3.1.2	Município de São Sebastião de Lagoa de Roça – PB	22
3.2	ANÁLISES FÍSICO E QUÍMICAS	25
3.3	CARACTERIZAÇÃO DA Sonda HANNA® HI 9829	25
3.3.1	Características dos sensores de análises da sonda HANNA® HI 9829.....	25
3.4	CARACTERIZAÇÃO DAS CISTERNAS MONITORADAS	26
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1	VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS NA COLUNA DE ÁGUA.....	30
4.1.1	Temperatura.....	30
4.1.2	Potencial Hidrogeniônico (PH)	32
4.1.3	Oxigênio Dissolvido (OD).....	33
4.1.4	Condutividade Elétrica (CE)	34
4.1.5	Sólidos Dissolvidos Totais (SDT).....	36
4.1.6	Salinidade	37
4.1.7	Turbidez.....	38
5	CONCLUSÕES	40
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

APÊNDICE A	44
APÊNDICE B.....	47
APENDICE C	50
APÊNDICE D	53
APÊNDICE E.....	56
APÊNDICE F.....	59
APÊNDICE G	62

1 INTRODUÇÃO

Nas regiões semiáridas existentes no mundo, inclusive no Brasil, há grandes problemas de escassez de água que repercutem tanto na qualidade de vida dos moradores dessa região quanto na economia.

O Semiárido Brasileiro (SAB) está presente no Nordeste do Brasil, nos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Sergipe, Alagoas, Bahia e Norte do estado de Minas Gerais. A sua área equivale a 18,2% do território nacional e 11,84% da população do Brasil (NASCIMENTO, 2015).

O semiárido é caracterizado pela baixa relação entre a precipitação média anual e a evapotranspiração com valores entre 0,2 e 0,5. As condições geomorfológicas e pedológicas não favorecem a infiltração, fazendo com que as águas subterrâneas não sejam significativas. Além disso, os poços implantados na região apresentam, com frequência, águas salobras, muitas vezes impróprias para o consumo humano.

Nesse contexto, devido à pobreza de nutrientes, a vegetação natural adaptada às condições climáticas não se desenvolve como nas regiões úmidas. As que apresentam essa problemática, em geral, sofrem com problemas sociais e econômicos gerando pobreza e condições de vida inadequadas.

Diversas ações têm sido desenvolvidas ao longo do tempo no sentido de prover água para o sustento das famílias e suas atividades, com destaque para a agricultura e a pecuária, setores de práticas tradicionais nesses ambientes.

Nessas regiões semiáridas o acesso à água é agravado quando há ocorrências de períodos nos quais as precipitações pluviométricas acontecem com valores abaixo da média em anos sucessivos, caracterizando a seca.

As ações que têm sido historicamente executadas para enfrentar o problema da escassez de água no SAB, com destaque para os períodos secos, passam por medidas dos tipos emergenciais, de combate e de enfrentamento as secas (MACHADO, DIAS E CABRAL DA SILVA, 2016).

À luz do conceito de convivência no semiárido, as cisternas para armazenamento de água de chuva tem tido avaliações positivas, haja vista os motivos apontados em diversos estudos sobre o tema (MACHADO et al., 2016).

O uso de cisternas para a captação e armazenamento de águas de chuva para consumo doméstico é uma prática milenar em várias regiões do mundo e, tem merecido maior interesse e ampla aplicação. No Brasil, os programas governamentais iniciados na primeira década do

século XXI objetivam a disseminação de cisternas rurais do tipo de placas de concreto e de polietileno (ANDRADE NETO, 2013).

Os estudos relativos às cisternas e às águas armazenadas têm sido desenvolvidos em diversos subtemas, sendo os mais numerosos os de qualidade da água. Este trabalho enfoca as variações dessa qualidade na coluna de água de cisternas de placas e de polietileno. Também são verificadas as condições referentes aos padrões de potabilidade estabelecidos pelo Ministério da Saúde (MS).

Nessa conjuntura, foram formuladas três hipóteses concernentes ao tema principal do trabalho que é a qualidade da água das cisternas, relativamente às variações ao longo da coluna de água, abrangendo os dois tipos de cisternas.

Hipótese 1: Ocorre estratificação térmica e química na coluna de água das cisternas de placas de concreto e polietileno.

Hipótese 2: A qualidade da água das cisternas de placas e de polietileno estão em conformidade com os padrões estabelecidos pela Portaria N° 2.914/2011 do Ministério da Saúde para consumo humano.

Hipótese 3: Há diferenças entre a qualidade das águas de chuva armazenadas em cisternas de placa e de polietileno.

O trabalho tem como objetivo geral avaliar a qualidade física e química de águas de chuva armazenadas em cisternas de placas e de polietileno na coluna de água.

Como objetivos específicos listam-se:

- Coletar dados e realizar medições de parâmetros físicos e químicos de qualidade da água em cisternas de placas de concreto e de polietileno na coluna de água, nos municípios de Cabaceiras e São Sebastião de Lagoa de Roça.
- Avaliar a qualidade da água de chuva armazenada em cisternas à luz da Portaria de potabilidade da água do Ministério da Saúde n°2914/2011.
- Verificar se há diferenças entre os valores médios e dos perfis dos parâmetros físicos e químicos em cisternas de placas e de polietileno.

A estruturação deste trabalho é organizada em cinco capítulos. O primeiro, a referente introdução, apresenta a contextualização das características do semiárido e à problemática da escassez hídrica, enfocando o Semiárido Brasileiro (SAB) e as tentativas de amenizar essas dificuldades.

O capítulo dois apresenta o referencial teórico que dá sustentação ao trabalho a partir de uma revisão geral do assunto abordado. Isso possibilita a compreensão da problemática da escassez hídrica, no contexto em que os Sistemas de Captação e Armazenamento de Águas de Chuva (SCAAC) são implantados visando o abastecimento de água para as comunidades e moradores difusos da região semiárida. Nesse sentido, é caracterizado o semiárido, a problemática da escassez de água, os programas governamentais de instalação de cisterna e é feita uma revisão bibliográfica sobre a qualidade da água em cisterna.

O capítulo três apresenta a metodologia adotada para o estudo, elaborada com a finalidade de atender aos objetivos formulados. São apresentadas as áreas de estudo, a sonda multiparamétrica, bem como os procedimentos metodológicos para a obtenção e compilação dos dados e elaboração de perfis de qualidade dos parâmetros medidos, além da verificação da conformidade com a Portaria do MS.

O capítulo quatro trata da apresentação e discussão dos resultados alcançados pela pesquisa no que diz respeito aos objetivos traçados no trabalho.

O capítulo cinco refere-se, levando em consideração a importância do tema, às considerações finais e recomendações resultantes da intersecção entre teoria e prática, a partir da análise sobre a qualidade da água de chuva armazenada em cisternas nos municípios escolhidos para o estudo.

Por fim, são apresentadas as referências e os apêndices.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo são explicitadas as informações relevantes no contexto em que os SCAAC são implantados visando o abastecimento de água para as comunidades e moradores difusos da região semiárida. Nesse sentido, são caracterizados, o semiárido, a problemática da escassez de água e os programas governamentais de instalação de cisterna e é feita uma revisão bibliográfica sobre a qualidade da água em cisternas.

2.1 CARACTERIZAÇÃO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

O SAB é uma região caracterizada principalmente pela escassez e irregularidade de chuvas, que podem variar entre 400 mm a 800 mm ao ano, o que é um pouco elevado se comparado ao mesmo clima em outras regiões do globo, mas como característica específica do SAB. Essas precipitações costumam se concentrar em um período de três meses, nos quais tendem a ser bastante volumosas e com um pequeno tempo de duração.

O que também chama a atenção no semiárido é a sua aridez climática, com temperaturas predominantemente altas (acima de 24°C), presença de solos pobres em matéria orgânica e déficit hídrico, apresentando uma taxa de evapotranspiração superior às precipitações, o que influencia na transformação da precipitação em vazão na bacia hidrográfica, contribuindo para que os rios tenham características de intermitência e intensificando o problema da seca na região. (SILVA 2006; ARAUJO 2011)

Conforme o "Grupo de Trabalho Interministerial para Redelimitação do Semi-Árido Nordeste e do Polígono das Secas", criado pelos Ministros da Integração Nacional e do Meio Ambiente através da Portaria Interministerial nº 06, de 29 de março de 2004, para que um município Brasileiro seja enquadrado na condição de semiaridez deve seguir os seguintes critérios:

- Limites da isoietas de 800 mm (municípios com precipitação média anual igual ou inferior a 800 mm);
- Índice de Aridez de Thorntwaite de 1941, que leva em consideração o balanço hídrico, relacionando as precipitações e a evapotranspiração potencial (municípios com índice situado entre os limites de 0,21 e 0,50);
- Déficit hídrico ou Risco de Seca (municípios com déficits hídricos diários iguais ou superiores a 60%).

O Semiárido Brasileiro Possui uma superfície de 982.566 Km² (18,2% do território nacional), sendo 89,5% localizado na região Nordeste, abrangendo quase todos os estados, com exceção do Maranhão e 10,5% no território do estado de Minas Gerais (o Norte mineiro e o Vale do Jequitinhonha). Abrange mais de 20% dos municípios brasileiros (1.135) e abriga cerca de 12% da população do país, sendo mais de 23,8 milhões de habitantes divididos em moradores da área urbana 61,97% e 38,03% na zona rural (IBGE, 2010, ASA, 2014).

2.2 PROBLEMÁTICA DA ESCASSEZ DE ÁGUA NA REGIÃO DO SEMIÁRIDO

A escassez de água é um problema crônico nas regiões semiáridas ao redor do mundo. Em países em desenvolvimento, como o Brasil, ela ainda causa muitas dificuldades e sofrimento para as populações atingidas. Em geral, são regiões pouco desenvolvidas, haja vista a falta de investimentos e políticas públicas apropriadas e dedicadas à mitigação dos problemas relacionados à seca.

Segundo Silva (2014), o SAB possui um Índice de Vulnerabilidade Socioeconômica e Ecológica (IVA) muito alto, onde cerca de 90% dos estabelecimentos agrários são de famílias sem rendimento ou com até dois salários mínimos que utilizam a agricultura como forma de subsistência e vivem em condições precárias de abastecimento de água, precisando recorrer a poços, rios ou açudes.

A seca atual que perdura desde o ano Hidrológico 2011-2012, quando atingiu os menores índices de precipitação, com um acúmulo de 496 mm, mantendo uma média climatológica de 650 mm até o ano de 2016 (Quadro 1), que acarretou em grandes consequências negativas para a região. Tem sido devastadora para os setores agrícola, (perdas da ordem de 6 bilhões de dólares) pecuária, produtores industriais, a seca afetou de diversas formas as famílias, trazendo dificuldades de acesso a água tanto para consumo próprio quanto para o cultivo da terra, manutenção de animais e o fornecimento de energia elétrica. Esse cenário impactou fortemente a economia de diversas cidades do semiárido, demonstrando que mesmo levando em consideração o histórico de secas da região, a sua população possui uma baixa resiliência e uma alta vulnerabilidade ao fenômeno da seca (MARENGO, CUNHA E ALVES, 2016).

Quadro 1 - Precipitação acumulada nos anos hidrológicos na região semiárida.

Ano hidrológico	Acumulado de Precipitação
2011-2012	496 mm
2012-2013	611 mm
2013-2014	706 mm
2014-2015	631 mm
2015-2016	588 mm
Média Climatológica	650 mm

Fonte: CPTEC/INPE 2016

Outras questões que influenciam o agravamento da seca na região é a presença de solos cristalinos e rasos que acabam limitando a quantidade de água que é infiltrada para os reservatórios subterrâneos, além de uma alta taxa de evapotranspiração e escoamento superficial, fazendo com que mais de 90% da precipitação da região não seja aproveitada (ASA, 2014).

Com esse panorama, as cisternas, mais do que nunca, passaram a assumir um papel imprescindível no abastecimento de água dos moradores difusos do campo e das pequenas comunidades.

Anterior a essa última grande seca, houve grandes pressões de vários setores da sociedade para que se ampliasse o debate sobre a melhoria da resiliência e desenvolvimento sustentável na região do semiárido Brasileiro, o que culminou na criação de programas de combate a seca como o P1MC (Programa 1 Milhão de Cisternas) e o Água Para Todos, desenvolvidos pela ONG Articulação do Semiárido (ASA) e implantados pelo governo federal no início dos anos 2003 e 2011, respectivamente (SILVA, 2006).

2.3 PROGRAMA 1 MILHÃO DE CISTERNAS (P1MC)

O programa tem como principal objetivo melhorar a qualidade de vida da população mais necessitada através do armazenamento da água da chuva em cisternas construídas com placas de concreto. A metodologia implantada no programa é voltada para que as famílias sejam o eixo central do programa, envolvendo, investindo em capacitação e mobilizando-os para que façam parte de todo o processo. Até o presente momento, foram instaladas 601.577 cisternas rurais. (ASA, 2017)

Segundo informações do site da ASA, as atividades são divididas em três partes:

- **Cadastramento e seleção de famílias:** Essa etapa busca mobilizar toda a sociedade civil com orientações pedagógicas do P1MC e através dos critérios pré-definidos na estrutura do programa, selecionar as famílias que serão beneficiadas.
- **Capacitações:** Essa etapa capacita as famílias, comissões municipais e pedreiros, trazendo metodologias diferenciadas que visam melhorar a participação, reflexão, e ampliar a sua visão geral sobre o direito à água e as possibilidades de convivência com o Semiárido.
- **Construção de cisternas de placas de 16 mil litros:** Essa é a etapa principal do programa, que tem como o motor principal a cisterna de placas de concreto com capacidade de 16 mil litros de água, sendo uma tecnologia simples, de fácil duplicação e adaptada a realidade do SAB. As cisternas são construídas pelos pedreiros da própria comunidade capacitados pelo programa, sendo de baixo custo, feita de placas de concreto e instaladas ao lado das casas. A cisterna tem o formato cilíndrico, é coberta e fica semienterrada. O seu funcionamento prevê a captação de água da chuva aproveitando o telhado da casa, que escoar a água através de calhas.

Para Dias (2013) “o P1MC pode ser considerado um dos casos de desenvolvimento de tecnologias sociais mais exitosos no Brasil, levando benefícios significativos para a população do Semiárido Brasileiro (SAB) desde sua criação, em 2003”. Seu diferencial é a busca por soluções para que a população atingida possa *conviver com a seca*, envolvendo os beneficiários na construção das cisternas, fazendo com que cada um participe de alguma etapa de sua construção, seja contribuindo com a mão de obra ou abrigando e alimentando os trabalhadores, trazendo para si a responsabilidade. Dessa maneira, a comunidade consegue aumentar seu nível de resiliência, visando condições dignas de sobrevivência, mantendo-os em suas terras e evitando o êxodo. (DIAS, 2013)

A eficiência do programa é relatada por Gomes (2016), quando através de seus estudos empíricos, (discursos coletados, questionários) pôde perceber uma satisfação por parte dos usuários que não proferiram críticas às suas cisternas ou ao trabalho da ASA, se sentindo bem atendidos no que se refere à captação e armazenamento de água. Porém, ainda segundo o autor, deve-se observar a necessidade de ferramentas para monitoramento e manutenção da qualidade da água captada.

2.4 PROGRAMA ÁGUA PARA TODOS

O Programa Água Para Todos foi instituído pelo Decreto nº7.535, de 25 de Julho de 2011 e segue as diretrizes e objetivos do plano Brasil Sem Miséria (BSM), criado pelo Decreto nº 7.492, de 2 de junho de 2011, que busca melhoria nas condições de vida da população atingida pela seca. Isso ocorre através da instalação de sistemas coletivos de abastecimento de água, que são equipamentos de captação, adução, tratamento, reserva e distribuição de água oriunda de rios, poços ou nascentes, para consumo humano e produção de alimentos (MINISTERIO DA INTEGRAÇÃO, 2015).

Para dar cumprimento a essas diretrizes e objetivos, o BSM agrega três eixos de atuação, que são: (I) a transferência de renda, (II) o acesso a serviços públicos e (III) a inclusão produtiva. Inserido no segundo eixo de atuação, encontra-se o Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Água - Água Para Todos, destinado a promover a universalização do acesso à água em territórios rurais, tanto para consumo humano quanto para a produção agrícola e alimentar. Tem como prioridade o atendimento às famílias que vivem em situação de extrema pobreza inscritas no Cadastro Social Único (CADÚNICO) do governo federal, do Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome com renda per capita de até R\$ 154,00 (cento cinquenta e quatro reais), ou não inscritas, mas que detenham tal perfil. (MINISTERIO DA INTEGRAÇÃO, 2016)

O início do programa se deu no semiárido da região Nordeste e do Norte de Minas Gerais e prioriza essas áreas por possuírem um grande número de famílias enquadradas na situação de vulnerabilidade social. Elas são atendidas com as seguintes tecnologias: cisternas de consumo, de placas ou de polietileno (com capacidade de armazenamento de 16 mil litros) à razão de uma por família; sistemas coletivos de abastecimento e barreiros (pequenas barragens) para atendimento a comunidades; e os kits de irrigação. Além disso, ocorrem também capacitações para gestão de águas, que inclui material didático como cartilhas do Programa Água para Todos, da Secretaria de Desenvolvimento Regional (SDR), e a Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (Codevasf). (TAVARES et al, 2014, MINISTERIO DA INTEGRAÇÃO, 2016)

Segundo o Ministério do Desenvolvimento Social e Agrário (MDSA), desde 2011 já foram investidos R\$ 2,47 bilhões em cisternas em dez estados, em especial no semiárido da região Nordeste e do Norte de Minas Gerais. De 2011 a 2016 o governo federal implantou 399.313 tecnologias de abastecimento de água, sendo 391.280 cisternas, 2.545 sistemas

coletivos, 752 perfuração de poços, 145 barragens subterrâneas, 3.011 kits de irrigação, 1.025 barreiros e 555 tecnologias de tratamento de água (BRASIL, 2016).

2.5 QUALIDADE DA ÁGUA NAS CISTERNAS

Não são muitos os trabalhos acadêmicos sobre qualidade de água em cisternas de placas e de polietileno no Brasil. No entanto, no semiárido brasileiro pode ser encontrado um número razoável de trabalhos relativos à qualidade da água, balanço hídrico, avaliação de programas de implantação de cisternas e políticas, a exemplo dos trabalhos de Souza et al., (2011), Maia e Araujo (2013), Gomes e Heller (2016), Almeida et al., (2016).

Outro grupo de estudos tem sido desenvolvido, embora não numeroso, sobre a qualidade das águas no que concerne aos impactos positivos na saúde dos usuários das cisternas no semiárido, como os trabalhos de Joventino et al. (2010), e Silva, Heller e Carneiro (2012).

Esse cenário reduzido de artigos publicados demonstra que os estudos nessa área não estão sendo executados proporcionalmente à crescente importância que a temática tem se apresentado no cenário internacional (GOMES et al., 2014).

A estratificação da coluna d'água, na grande maioria dos casos, em açudes, é consequência do efeito da temperatura sobre a densidade da água, ou seja, quando diferenças de temperatura geram camadas d'água com diferentes densidades, que em si já formam uma barreira física, impedindo que se misturem. Não sendo a energia do vento suficiente para misturá-las (instabilidade térmica), o calor não se distribui uniformemente, criando assim as condições para que ocorra o fenômeno da estabilidade térmica (ESTEVES, 1998; FRANÇA et al., 2013).

Conforme Hespanhol et al. (1978), o aumento de profundidade favorece a queda de temperatura e, conseqüentemente, o aumento de densidade, ocasionando assim uma resistência à circulação vertical da água. Porém, a falta de circulação nas camadas inferiores poderá tornar o ambiente anóxico, possibilitando a ocorrência de gás metano e gás sulfídrico.

No caso de águas de chuva armazenadas em cisternas, não há, evidentemente, a incidência do vento na superfície da água, o que dificulta a mistura das camadas. Ademais, a captação de água por meio de baldes e outros recipientes é feita apenas uma vez por dia, normalmente pela manhã cedo, permanecendo a água em repouso até o dia seguinte.

Na revisão bibliográfica efetuada nessa pesquisa sobre qualidade de água em cisternas, não foi possível encontrar trabalhos ou relatos sobre estratificação da qualidade da água. Os poucos artigos sobre estratificação encontrados referiam-se a açudes.

2.6 PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS

Os parâmetros físicos e químicos referenciados neste trabalho são: Temperatura, Potencial Hidrogeniônico (pH), Oxigênio Dissolvido (OD), Sólidos Dissolvidos Totais (SDT), Condutividade Elétrica (CE), Turbidez e Salinidade. Dentre estes, apenas pH, SDT e turbidez, estão com padrões de potabilidade definidos na Portaria MS nº 2914/2011.

Para a temperatura, não há especificação de conformidade com a Portaria MS nº 2914/2011. No entanto, é um parâmetro que influencia quase todos os processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem na água. Essa influência faz com que sejam importantes medições simultâneas com parâmetros como o pH, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido (VIEIRA, 2016).

O OD é a concentração de oxigênio contido na água e a sua variação é de suma importância para os organismos aeróbios. A concentração de OD no meio pode estar relacionada à estabilização da matéria orgânica presente, uma vez que ocorre seu consumo no processo respiratório, podendo ter origens naturais e antropogênicas, como a dissolução do oxigênio na atmosfera e através de aeração artificial, respectivamente (VON SPERLING, 2005).

O pH representa o equilíbrio entre íons H^+ e OH^- e indica se uma água é ácida ($pH < 7$), neutra ($pH = 7$) ou alcalina ($pH > 7$). O pH tem influência direta na solubilidade das substâncias, na predominância de determinadas espécies mais ou menos tóxicas e nos processos de adsorção/sedimentação dos metais e outras substâncias na água, tendo seu valor calculado pelo negativo do logaritmo decimal da atividade ou concentração dos íons hidrogênio (VIEIRA, 2016). De acordo com a Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde, no que se refere ao padrão de potabilidade, recomenda-se que, no sistema de distribuição de água, o pH seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5.

A turbidez de uma amostra de água é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la, devido à presença de sólidos em suspensão. A turbidez pode ter origem natural (partículas de rocha, argila e silte) ou antropogênica (despejos domésticos e industriais, microrganismos, erosão) (PIVELI e KATO, 2005). De acordo a Portaria

2.914/2011 do Ministério da Saúde, no que se refere ao padrão de potabilidade da água para consumo, o valor máximo permitido para turbidez é 5 UNT.

A condutividade elétrica é outro parâmetro que não aparece na Portaria 2.914/2011 do MS, mas tem sua importância por estar relacionada à concentração de SDT. A CE mede a capacidade que a água tem de transmitir corrente elétrica e está diretamente relacionada à concentração de espécies iônicas dissolvidas, principalmente inorgânicas. (VIEIRA, 2016).

O SDT refere-se à concentração de íons dissolvidos presentes nas águas, e segundo a Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde no que se refere ao padrão de potabilidade da água para consumo, o valor máximo permitido para o SDT é de 1000mg/L ou 1000ppm.

A salinidade compreende a medida da quantidade de sais existente em massas de água naturais (SILVA, 2013). O alto teor de sais torna o sabor da água desagradável, e água com essa característica pode ser danosa à saúde humana se consumida com frequência.

3 METODOLOGIA

O desenvolvimento deste trabalho envolveu etapas sucessivas, desde a escolha das cisternas, para análises de água em diferentes profundidades, viagens ao campo para medição *in loco* utilizando a sonda multiparamétrica, compilação dos dados, elaboração de perfis de qualidade dos parâmetros medidos e verificação da conformidade com a Portaria MS 2914/2011 de potabilidade da água. Nos subitens seguintes estão relatadas as diversas etapas metodológicas cumpridas.

3.1 A ÁREA DE ESTUDO

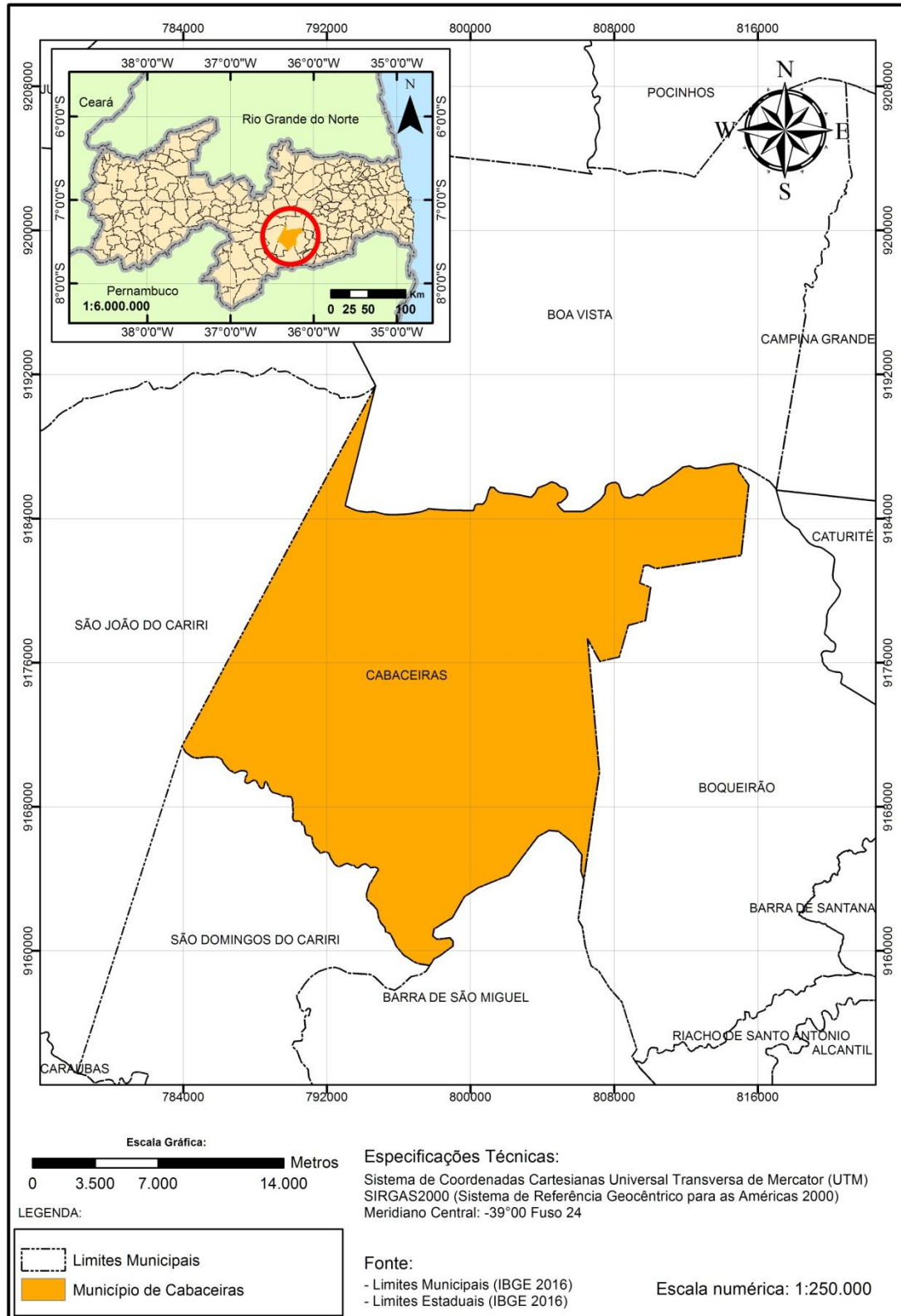
3.1.1 Município de Cabaceiras – PB

O município de Cabaceiras (Figura 1) está localizado na microrregião do Cariri Oriental, e mesorregião da Borborema, possui uma população total de 5.035 habitantes, sendo que 2.818 reside na zona rural (55,97%) e 2.217 na zona urbana, numa área total de 453 km², segundo dados do censo do IBGE (IBGE, 2010). Apresenta: clima Bsh - Semiárido Quente (segundo a classificação de Köppen); temperatura média anual de 24°C; precipitação abaixo de 400 mm/ano e altitude de 400 metros.

3.1.2 Município de São Sebastião de Lagoa de Roça – PB

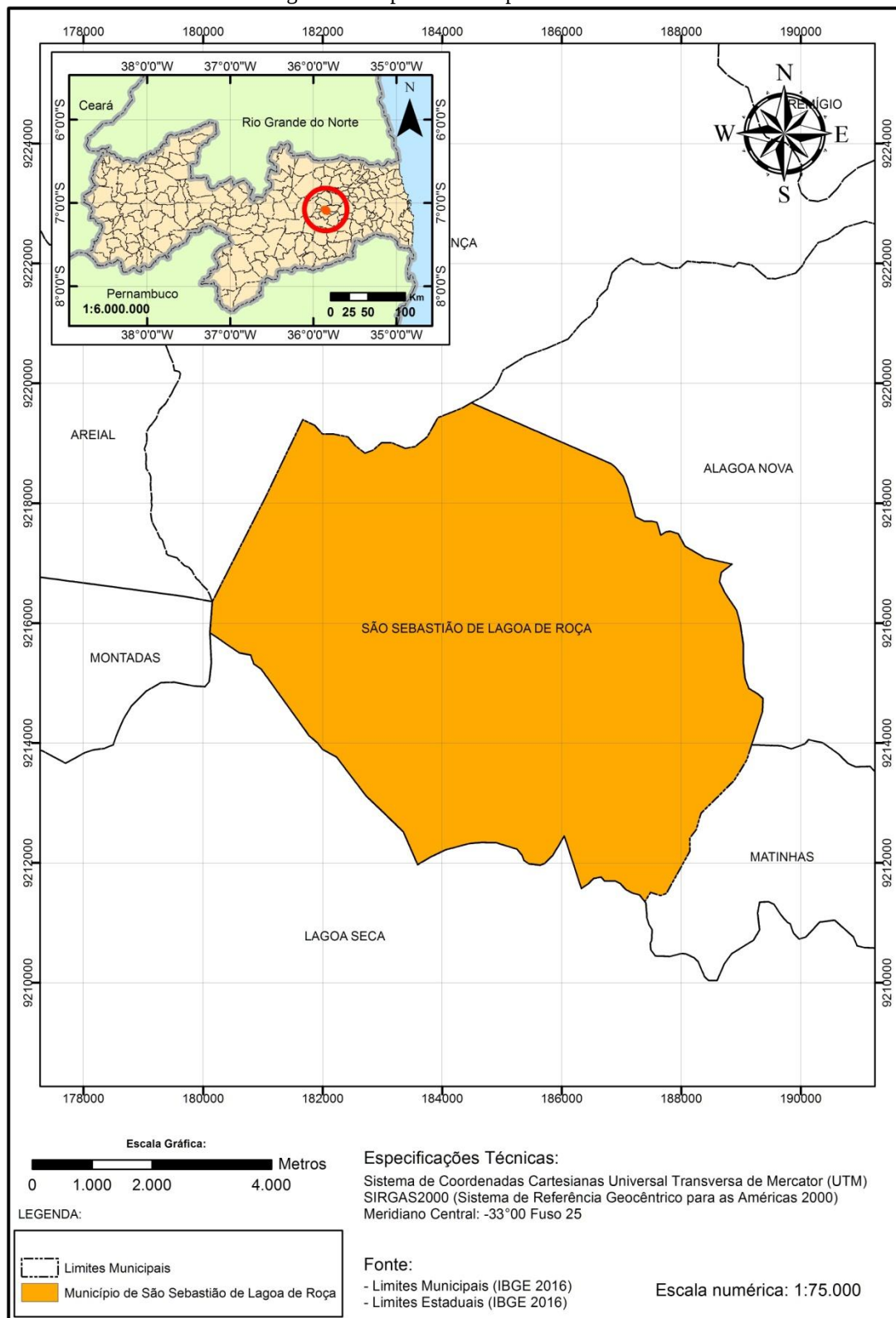
O município de São Sebastião de Lagoa de Roça (SSLR) (Figura 2), incluído na área geográfica de abrangência do semiárido brasileiro, está localizado na microrregião Esperança e na mesorregião do Agreste Paraibano, com uma área de 49,9km², e uma população de 11.041 habitantes, destes, 57,8% (6.382 habitantes) residem na zona rural, segundo o censo do IBGE de 2010 (IBGE, 2010). Tem clima tropical com estação seca (Classificação climática de Köppen-Geiger: As), temperatura média anual de 24°C, precipitação de 827,80mm/ano e altitude de 641 metros.

Figura 1 - Mapa do município de Cabaceiras/PB



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 2 - Mapa do município de SSLR/PB



Fonte: Elaborado pelo autor

3.2 ANÁLISES FÍSICO E QUÍMICAS

Para a coleta de dados dos parâmetros físico químico, pH, temperatura, turbidez, condutividade elétrica, salinidade e oxigênio dissolvido das águas da chuva das cisternas de placa e de polietileno nas cidades de São Sebastião de Lagoa de Roça e Cabaceiras, foi utilizada uma sonda multiparâmetro HANNA® modelo HI 9829.

Para referenciar os resultados da análise qualitativa da água, foi utilizada a Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

3.3 CARACTERIZAÇÃO DA SONDA HANNA® HI 9829

A sonda multiparâmetro utilizada da marca HANNA® modelo HI 9829 (**Erro! Fonte e referência não encontrada.**), permite realizar a medição dos valores dos parâmetros de qualidade da água, pois é um equipamento que possui um multisensor com microprocessador (DIAS, 2016).

A sonda permitiu analisar os parâmetros monitorados através de leituras diretas em diferentes profundidades e geração de planilhas eletrônicas.

3.3.1 Características dos sensores de análises da sonda HANNA® HI 9829

Segundo manual do equipamento, a sonda multiparâmetro apresenta as seguintes características:

- **Identificação de pH/ORP** - O sensor de pH/ORP HI 7609829-1 possui um bolbo em vidro sensível para leituras de pH, um sensor em platina para medições redox e uma referência de dupla junção em prata/prata, com eletrolítica em gel;
- **Identificação do Oxigênio (OD)** - O sensor galvânico de oxigênio dissolvido (O.D.) HI 7609829-2. A membrana fina permeável a gás isola os elementos do sensor da solução de teste, mas permite a passagem do oxigênio. O oxigênio que passa através da membrana é reduzido no cátodo e provoca uma corrente, a partir da qual é determinada a concentração de oxigênio. O sensor O.D. está em conformidade com o *Standard Methods* 4500-AG, EPA 360.1;
- **Identificação de Condutividade e Turbidez** - O sensor combinado de EC/Turbidez HI 7609829-4, inclui num único corpo, um sensor de condutividade com 4

eletrodos e um sensor de turvação que se encontra em conformidade com as normas ISO 7027. O sensor de turbidez usa uma técnica óptica para medir as partículas suspensas na água.

Figura 3 - Medidor multiparâmetro portátil HANNA ®9829 com seu mostrador e a sonda.



Fonte: Acervo do autor

3.4 CARACTERIZAÇÃO DAS CISTERNAS MONITORADAS

No Quadro 2 estão listadas as cisternas que foram utilizadas para o monitoramento das águas e sua caracterização referente ao material construído, a localidade em que se encontram e o período em que foi realizada a medição.

As cisternas que possuem o mesmo número, mas com a Letra A após a numeração, indicam que foram realizadas medições na mesma cisterna, mas em períodos diferentes, com um intervalo de tempo suficiente para que já tenham tido suas águas renovadas. No total foram realizadas 21 medições de perfis em águas armazenadas nas cisternas, com a numeração, localidade e datas das medições.

Quadro 2 – Caracterização das cisternas e suas águas armazenadas

Numeração da Cisterna	Tipo de Cisterna	Localidade	Data
1	Placas de Concreto	Cabaceiras	8/11/2015
1A	Placas de Concreto	Cabaceiras	30/04/2016
2	Placas de Concreto	Cabaceiras	20/02/2016
6	Placas de Concreto	Cabaceiras	20/02/2016
6A	Placas de Concreto	Cabaceiras	18/06/2016
8	Placas de Concreto	Cabaceiras	20/02/2016
8A	Placas de Concreto	Cabaceiras	30/04/2016
9	Placas de Concreto	Cabaceiras	30/04/2016
9A	Placas de Concreto	Cabaceiras	24/07/2016
10	Placas de Concreto	Cabaceiras	20/02/2016
11	Placas de Concreto	SSLR	27/05/2016
12	Placas de Concreto	SSLR	27/05/2016
13	Placas de Concreto	SSLR	27/05/2016
15	Placas de Concreto	SSLR	27/05/2016
16	Placas de Concreto	SSLR	27/05/2016
17	Placas de Concreto	SSLR	27/05/2016
20	Placas de Concreto	SSLR	1/5/2016
21	Polietileno	SSLR	21/02/2016
22	Polietileno	SSLR	27/05/2016
23	Polietileno	SSLR	27/05/2016
30	Polietileno	SSLR	1/5/2016

Fonte: Elaborado pelo autor

3.5 OBTENÇÃO DOS DADOS

Para a obtenção de dados das cisternas foram realizadas pela equipe da pesquisa viagens de campo para as cidades de São Sebastião de Lagoa de Roça e Cabaceiras durante o período que compreendeu os meses de Novembro de 2015 até Outubro de 2016.

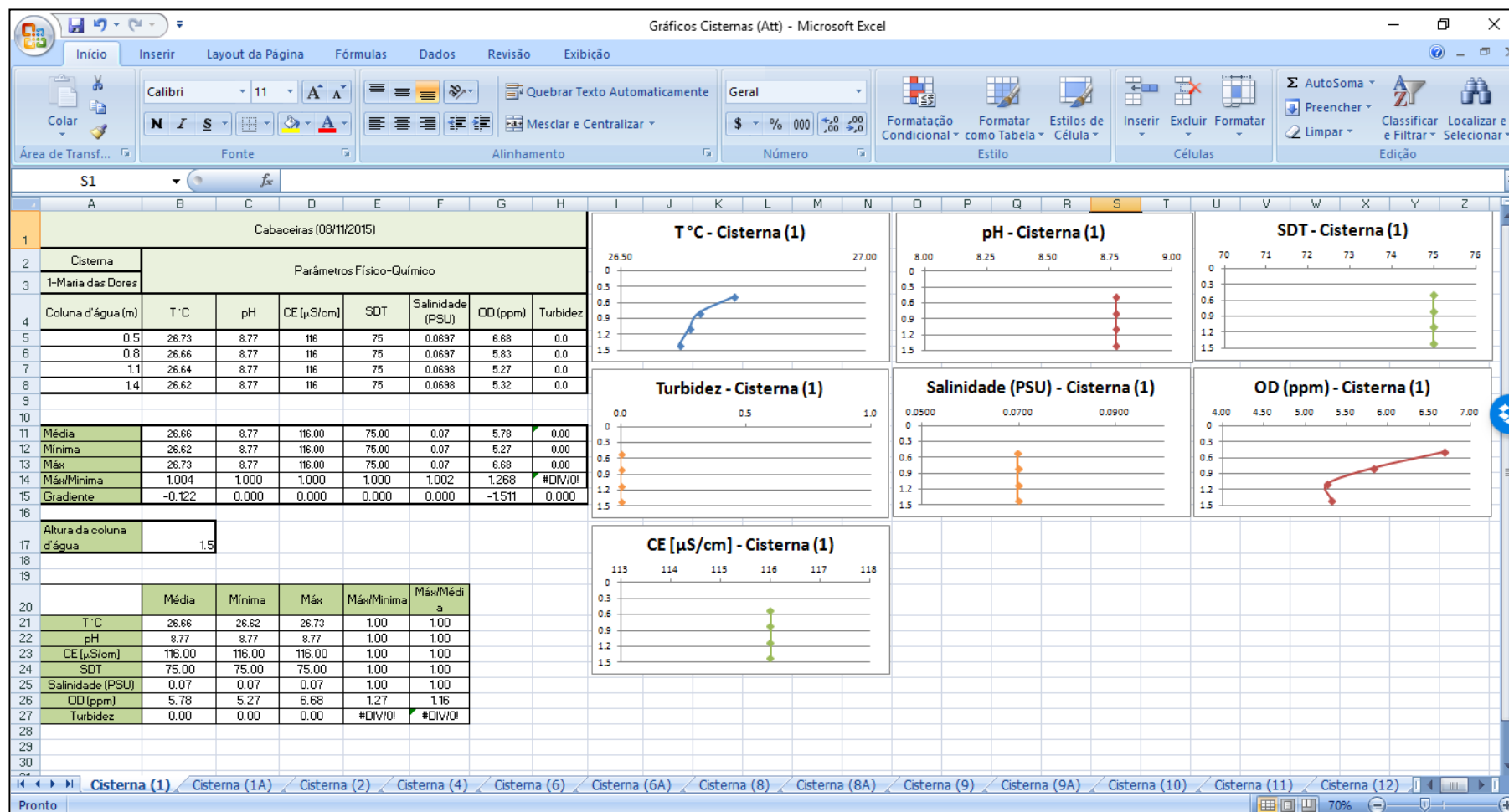
A sonda multiparamétrica era mergulhada na cisterna, na sua tampa aberta, em posição vertical, inicialmente a uma profundidade de 0,5m, o suficiente para que os sensores estivessem todos submersos. A partir desse ponto iniciaram-se as medições dos parâmetros, com duração de 30s para cada ponto, com um intervalo de distância de 0,3m entre um e outro, até o fundo da cisterna. Todos os valores eram registrados e armazenados na memória da própria sonda, e podiam ser ver visualizados em tempo real através do leitor.

O processo de medições sucessivas foi reproduzido em todas as cisternas com colunas de água entre 1,5 e 2,59m.

Após a etapa de obtenção de dados através de visitas e medições nas cisternas, todos os dados armazenados na sonda de multiparâmetro foram tabulados em planilhas e separados por parâmetros para que fossem geradas tabelas e gráficos (Figura 4 e Figura 5).

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 5 - Planilha eletrônica gerada a partir dos dados da sonda multiparâmetro (separado por cisternas)



Fonte: Elaborado pelo autor

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse capítulo são apresentados os resultados obtidos das medições realizadas, por meio de tabelas e perfis de qualidade da água nas cisternas bem como a discussão sobre a variação dos parâmetros entre outros aspectos. São apresentados também os resultados e discussões sobre a conformidade da água armazenada nas cisternas de placas e de polietileno em relação à Portaria MS 2914/2011.

4.1 VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS NA COLUNA DE ÁGUA

4.1.1 Temperatura

Nas cisternas avaliadas foi possível verificar processos de estratificação principalmente com relação à temperatura da água. Pôde ser verificado nas figuras referentes aos perfis obtidos da temperatura em função da profundidade (APÊNDICE A), que houve queda de temperatura em maior ou menor grau, com a profundidade, em todos os perfis, com exceção da cisterna nº 13, de placas, que não apresentou variação. Na Figura 6, (a) e (b) estão ilustrados os perfis de menor e maior gradiente de temperatura respectivamente. Na Tabela 1 constam os valores dos gradientes térmicos de todas as cisternas, bem como os máximos, mínimos e a média das temperaturas medidas, além das relações entre os valores máximos e mínimos.

O gradiente máximo observado, em módulo, foi o da cisterna 23, com o valor de $1,91(^{\circ}\text{C}).\text{m}^{-1}$. O valor máximo de temperatura observado foi de $28,42^{\circ}\text{C}$ na cisterna nº 10; o valor mínimo registrado foi $22,76^{\circ}\text{C}$ medido na cisterna nº 15.

Os valores médios de temperatura em todas as cisternas variaram entre $22,73$ e $28,11^{\circ}\text{C}$ e a máxima relação entre os valores máximos e mínimos foi encontrada na cisterna nº 22, de 1,09.

Não foram observados valores médios de temperatura nas águas de cisternas de polietileno que caracterizassem como de comportamento diferentes das águas das cisternas de placas.

Figura 6 - Perfil de Temperatura - (a) Cisterna nº 23 (b) Cisterna nº 13

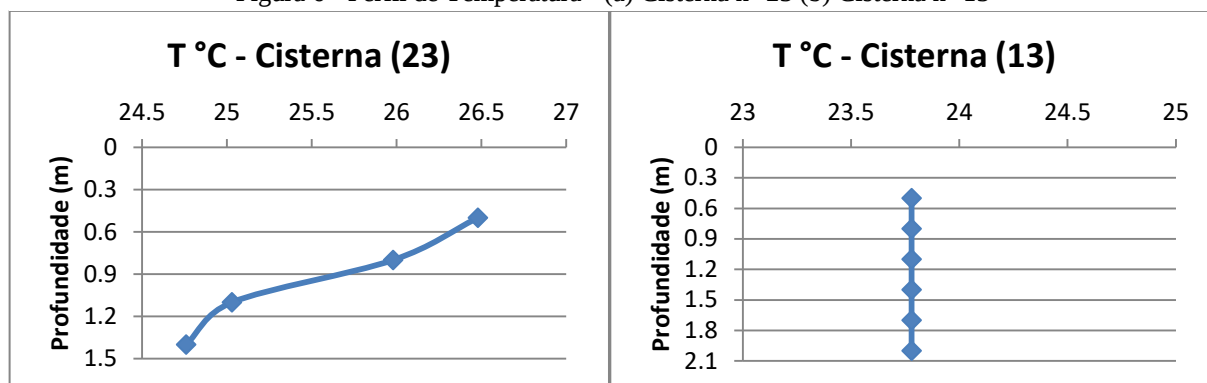


Tabela 1 - Valores médios, extremos, relação máxima/mínima e gradientes de Temperatura da água nas cisternas

Numeração da Cisterna	Temperatura (°C)				
	Média	Mínima	Máx	Máx/Minima	Gradiente ¹
1	26.66	26.62	26.73	1.00	-0.12
1A	25.59	25.56	25.68	1.00	-0.13
2	27.50	27.46	27.56	1.00	-0.11
6	26.77	26.76	26.79	1.00	-0.02
6A	25.66	25.58	25.78	1.01	-0.17
8	26.88	26.86	26.91	1.00	-0.04
8A	25.89	25.79	26.21	1.02	-0.35
9	26.97	26.80	27.33	1.02	-0.44
9A	25.73	25.68	25.83	1.01	-0.12
10	28.11	27.94	28.42	1.02	-0.53
11	24.09	24.02	24.30	1.01	-0.23
12	23.19	23.16	23.31	1.01	-0.10
13	23.78	23.78	23.78	1.00	0.00
15	22.73	22.72	22.76	1.00	-0.03
16	22.85	22.81	22.92	1.00	-0.09
17	24.22	24.21	24.23	1.00	-0.02
20	24.16	24.15	24.17	1.00	-0.01
21	25.56	25.50	25.59	1.00	-0.05
22	24.66	23.85	25.92	1.09	-1.38
23	25.56	24.76	26.48	1.07	-1.91
30	25.50	24.89	25.80	1.04	-1.01

¹ °C.m⁻¹

4.1.2 Potencial Hidrogeniônico (PH)

Observando as figuras referentes aos perfis obtidos do pH em função da profundidade (APÊNDICE B), verificou-se que houve variações, sendo 10 ocorrências de gradientes positivos e 12 de gradientes negativos, em graus diversificados, não caracterizando uma tendência única. Em dois casos o pH se manteve constante, nas cisternas de placas nº 1 e nº 9A. Na Figura 7, (a) e (b) estão ilustrados os perfis de maior gradiente (positivo e negativo) de pH, respectivamente. Na Tabela 2 constam os gradientes de pH de todas as cisternas, bem como valores máximos, mínimos e a média, além das relações entre os valores máximos e mínimos. O gradiente máximo observado foi o da cisterna nº 21, com o valor de $-0,93\text{m}^{-1}$. O valor máximo de pH observado foi de 8,77 na cisterna nº 1, enquanto o valor mínimo medido foi 5,16 na cisterna nº 30. Os valores médios de pH em todas as cisternas variaram entre 5,28 e 8,77 e a máxima relação entre os valores máximos e mínimos foi encontrada na cisterna nº 21, de 1,22.

Quanto à conformidade com a Portaria MS 2914/2011, em dois casos o valor de pH estabelecido não foi atendido, nas cisternas de polietileno nº 20 e 30, com valores de pH médios iguais a 5,9 e 5,3 respectivamente.

Uma observação interessante é referente aos valores médios do pH nas cisternas números 16, 20, 21, 22, 23 e 30, que apresentam valores médios entre 5,28 e 6,94, abaixo dos valores das demais cisternas. Os valores mais altos são atribuídos a influência do material das cisternas, nesse caso, de placas de concreto, com exceção das 16 e 20. Possivelmente o carbonato de cálcio liberado nas cisternas de placas contribuem para os valores mais elevados de pH (XAVIER, 2010).

Figura 7 - Perfil de Potencial Hidrogeniônico - (a) Cisterna nº 17 (b) Cisterna nº 21

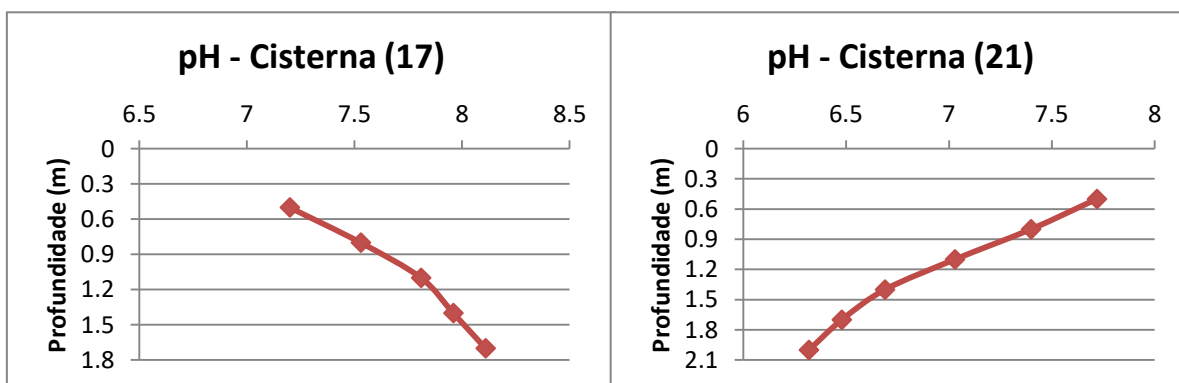


Tabela 2 - Valores médios, extremos, relação máxima/mínima e gradientes de pH da água nas cisternas

Numeração das Cisternas	pH				
	Média	Mínima	Máx	Máx/Minima	Gradiente ¹
1	8.77	8.77	8.77	1.00	0.00
1ª	8.33	8.31	8.38	1.01	-0.08
2	8.59	8.50	8.65	1.02	0.17
6	8.19	8.17	8.20	1.00	-0.02
6A	8.48	8.37	8.64	1.03	-0.23
8	8.36	8.34	8.38	1.00	0.02
8A	8.43	8.36	8.57	1.03	-0.18
9	8.30	8.28	8.31	1.00	0.02
9A	8.61	8.60	8.62	1.00	0.00
10	8.66	8.53	8.71	1.02	0.14
11	8.07	8.04	8.10	1.01	-0.02
12	8.12	7.76	8.33	1.07	0.38
13	7.14	6.79	7.40	1.09	0.41
15	8.43	8.09	8.64	1.07	0.37
16	6.81	6.50	7.10	1.09	0.50
17	7.72	7.20	8.11	1.13	0.76
20	5.93	5.69	6.26	1.10	0.41
21	6.94	6.32	7.72	1.22	-0.93
22	6.37	6.09	6.81	1.12	-0.48
23	6.80	6.67	6.93	1.04	-0.29
30	5.28	5.16	5.36	1.04	-0.18

¹(m⁻¹)

4.1.3 Oxigênio Dissolvido (OD)

Nas figuras relacionadas aos perfis gerados pelas medições do OD (APENDICE C), verificam-se valores de gradientes que podem ser considerados nulos em 17 cisternas, indicando não haver variação significativa desse parâmetro na coluna de água. Nas cisternas onde houve variação, provavelmente ocorreu movimentação de água em momentos anteriores a medição, o que certamente provocou turbulência, com aeração da água, influenciando nos valores de OD. Na Tabela 3 constam os gradientes de OD de todas as cisternas, bem como os valores médios, extremos, e das relações entre os valores máximos e mínimos. O valor máximo de OD observado foi de 6,68 ppm na cisterna nº 1; o valor mínimo registrado foi 0,0 ppm medido nas cisternas nº 1A e 8A. Os valores médios de OD em todas as cisternas variaram entre 0,00 ppm e 5,78 ppm e a máxima relação entre os valores foi encontrada na cisterna nº 8, de 12,4.

Tabela 3 - Valores de média, extremos, relação máxima/mínima e gradientes de OD da água nas cisternas

Numeração das Cisternas	Oxigênio Dissolvido (ppm)				
	Média	Mínima	Máx	Máx/Minima	Gradiente ¹
1	5.78	5.27	6.68	1.27	-1.51
1A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	1.21	1.08	1.32	1.22	0.11
6	0.49	0.44	0.56	1.27	0.08
6A	0.16	0.14	0.18	1.29	0.00
8	0.36	0.05	0.62	12.40	0.48
8A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	1.75	1.72	1.78	1.03	0.00
9A	2.86	2.71	3.09	1.14	0.32
10	1.26	1.08	1.48	1.37	0.12
11	2.68	2.64	2.78	1.05	-0.12
12	1.74	1.71	1.78	1.04	0.01
13	0.68	0.65	0.71	1.09	0.01
15	0.69	0.62	0.74	1.19	-0.08
16	1.43	1.39	1.51	1.09	0.08
17	0.66	0.63	0.68	1.08	0.01
20	3.04	2.97	3.10	1.04	-0.09
21	4.60	4.51	4.82	1.07	-0.15
22	0.54	0.49	0.57	1.16	0.02
23	1.23	1.20	1.24	1.03	0.00
30	3.57	3.42	3.67	1.07	-0.28

¹(ppm.m⁻¹)

4.1.4 Condutividade Elétrica (CE)

Os perfis de Condutividade Elétrica (CE) em função da profundidade (APÊNDICE D) obtidos mostraram perfis quase invariáveis ou constantes. Quanto às variações, verificou-se ocorrências de gradientes muito pequenos. Na Figura 8, (a) e (b) estão ilustrados perfis em que houve pequena variação e outra de perfil constante, respectivamente. Na Tabela 4 constam os gradientes de CE de todas as cisternas, bem como valores máximos, mínimos e a média, além das relações entre os valores máximos e mínimos. O gradiente máximo observado, em módulo, foi o da cisterna nº 8A, com o valor de 1,51 $\mu\text{S}/\text{cm.m}$. O valor máximo de CE observado foi de 168,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na cisterna nº 2; o valor mínimo registrado foi 17,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ medido na cisterna nº 21. Os valores médios de CE em todas as cisternas variaram entre 17,50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 168,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e a máxima relação entre os valores máximo e mínimo foi encontrada na cisterna nº 21, de 1,06.

Os menores valores médios medidos corresponderam às cisternas de polietileno, demonstrando haver influência dos componentes do concreto das cisternas de placas nos perfis de CE.

Figura 8 - Perfil da Condutividade Elétrica – (a) Cisterna 8A; (b) Cisterna 6A

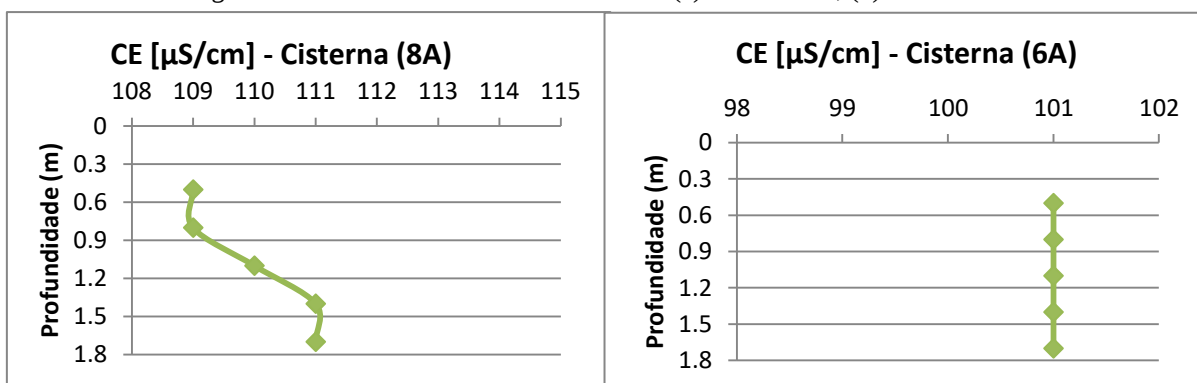


Tabela 4 - Valores médios, extremos, relação máxima/mínima e gradientes de CE da água nas cisternas

Numeração das Cisternas	CE [$\mu\text{S}/\text{cm}$]				
	Média	Mínima	Máx	Máx/Mínima	Gradiente ¹
1	116.00	116.00	116.00	1.00	0.00
1A	107.00	107.00	107.00	1.00	0.00
2	168.00	168.00	168.00	1.00	0.00
6	136.00	136.00	136.00	1.00	0.00
6A	101.00	101.00	101.00	1.00	0.00
8	125.00	125.00	125.00	1.00	0.00
8A	110.20	109.00	111.00	1.02	1.67
9	99.00	99.00	99.00	1.00	0.00
9A	111.40	111.00	112.00	1.01	-0.83
10	104.00	104.00	104.00	1.00	0.00
11	83.80	83.00	84.00	1.01	0.83
12	82.83	82.00	83.00	1.01	0.67
13	87.00	87.00	87.00	1.00	0.00
15	61.00	61.00	61.00	1.00	0.00
16	85.00	85.00	85.00	1.00	0.00
17	83.00	83.00	83.00	1.00	0.00
20	92.00	92.00	92.00	1.00	0.00
21	17.50	17.00	18.00	1.06	0.67
22	21.33	21.00	22.00	1.05	0.67
23	21.75	21.00	22.00	1.05	1.11
30	31.25	31.00	32.00	1.03	1.11

¹($\mu\text{S}/\text{cm}$).m⁻¹

4.1.5 Sólidos Dissolvidos Totais (SDT)

A análise dos perfis dos SDT em função da profundidade (APÊNDICE E) permitiu perceber que existe um comportamento com valores constantes na maioria dos perfis, ou quase constantes. Na Figura 9, (a) e (b) estão ilustrados exemplos de perfis constantes e outro quase constante. Na Tabela 5 constam para todas as cisternas, os valores máximos, mínimos e a média, além das relações entre os valores máximos e mínimos, bem como os gradientes de SDT. O valor máximo de SDT observado foi de 84,00 ppm na cisterna nº 8A; o valor mínimo registrado foi 8,00 ppm medido na cisterna nº 21. Os valores médios de SDT em todas as cisternas variaram entre 8,83 ppm e 84,00 ppm e a máxima relação entre os valores máximos e mínimos foi encontrada na cisterna nº 21, de 1,13. Os menores valores médios corresponderam às cisternas de polietileno, demonstrando haver influência dos componentes do concreto das cisternas de placas nos perfis do SDT.

Quanto à conformidade com a Portaria MS 2914/2011, em todos os casos o valor de SDT estabelecido foi atendido, com a média variando entre 9 e 84 ppm.

Figura 9 – Perfil dos Sólidos Dissolvidos Totais – (a) cisterna 8A; (b) cisterna 1

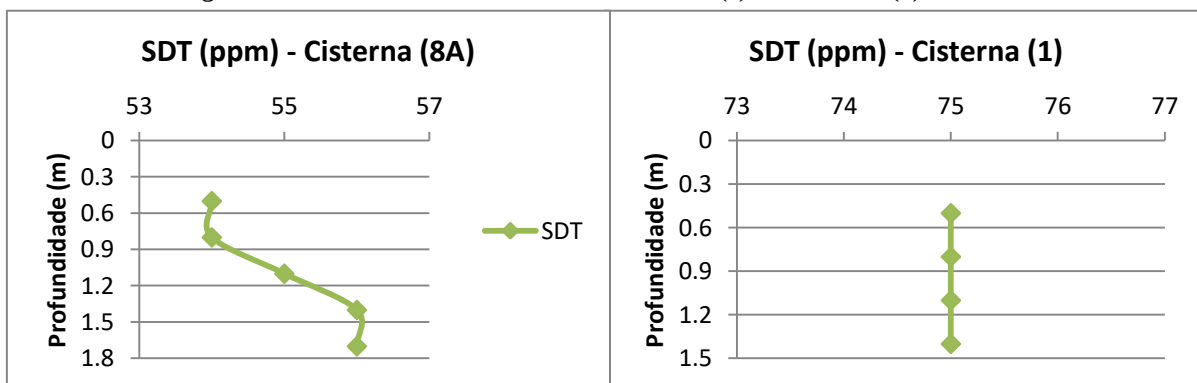


Tabela 5 - Valores médios, extremos, relação máxima/mínima e gradientes de SDT da água nas cisternas

Numeração das Cisternas	Sólidos Totais Dissolvidos (ppm)				
	Média	Mínima	Máx	Máx/Mínima	Gradiente ¹
1	75.00	75.00	75.00	1.00	0.00
1A	53.00	53.00	53.00	1.00	0.00
2	84.00	84.00	84.00	1.00	0.00
6	68.00	68.00	68.00	1.00	0.00
6A	50.00	50.00	50.00	1.00	0.00
8	62.40	62.00	63.00	1.02	0.83
8A	55.20	54.00	56.00	1.04	1.67
9	50.00	50.00	50.00	1.00	0.00
9A	56.00	56.00	56.00	1.00	0.00
10	52.00	52.00	52.00	1.00	0.00
11	41.80	41.00	42.00	1.02	0.83
12	41.00	41.00	41.00	1.00	0.00
13	44.00	44.00	44.00	1.00	0.00
15	30.50	30.00	31.00	1.03	0.67
16	42.00	42.00	42.00	1.00	0.00
17	42.00	42.00	42.00	1.00	0.00
20	46.00	46.00	46.00	1.00	0.00
21	8.83	8.00	9.00	1.13	0.67
22	11.00	11.00	11.00	1.00	0.00
23	11.00	11.00	11.00	1.00	0.00
30	15.50	15.00	16.00	1.07	1.11

¹(ppm).m⁻¹

4.1.6 Salinidade

Os perfis obtidos com os dados de Salinidade da água em função da profundidade (APÊNDICE F) não demonstraram processos de estratificação, pois não ocorreu variação de gradiente em nenhuma das cisternas de placas e polietileno. Na Tabela 6 constam os valores dos gradientes de salinidade de todas as cisternas, bem como valores máximos, mínimos e a média, além das relações entre os valores máximos e mínimos. Todos os valores do gradiente de Salinidade são iguais a 0 PSU/m. O valor máximo da salinidade observado foi de 0,08 PSU na cisterna nº 2; o valor mínimo registrado foi 0,01 PSU medido nas cisternas nº 21, 22, 23 e 30. Os valores médios de Salinidade em todas as cisternas variaram entre 0,01 e 0,08 PSU e a máxima relação entre os valores máximos e mínimos foi encontrado na cisterna nº 23, de 1,06.

Os menores valores médios corresponderam às cisternas de polietileno, o que demonstra a influência dos componentes do concreto nos perfis das cisternas de placas na salinidade.

Tabela 6 - Valores médios, extremos, relação máxima/mínima e gradientes de Salinidade da água nas cisternas

Numeração das Cisternas	Salinidade (PSU)				
	Média	Mínima	Máx	Máx/Minima	Gradiente ¹
1	0.07	0.07	0.07	1.00	0.00
1A	0.05	0.05	0.05	1.00	0.00
2	0.08	0.08	0.08	1.00	0.00
6	0.06	0.06	0.06	1.00	0.00
6A	0.05	0.05	0.05	1.00	0.00
8	0.06	0.06	0.06	1.00	0.00
8A	0.05	0.05	0.05	1.02	0.00
9	0.05	0.05	0.05	1.00	0.00
9A	0.05	0.05	0.05	1.01	0.00
10	0.05	0.05	0.05	1.01	0.00
11	0.04	0.04	0.04	1.02	0.00
12	0.04	0.04	0.04	1.01	0.00
13	0.04	0.04	0.04	1.00	0.00
15	0.03	0.03	0.03	1.01	0.00
16	0.04	0.04	0.04	1.00	0.00
17	0.04	0.04	0.04	1.00	0.00
20	0.04	0.04	0.04	1.00	0.00
21	0.01	0.01	0.01	1.06	0.00
22	0.01	0.01	0.01	1.04	0.00
23	0.01	0.01	0.01	1.06	0.00
30	0.01	0.01	0.01	1.03	0.00

¹(PSU).m⁻¹

4.1.7 Turbidez

Os perfis obtidos para os dados de turbidez em função da profundidade (APÊNDICE G) não demonstraram processos de estratificação, pois apesar de terem ocorrido pequenas variações de gradientes negativos nas cisternas de placas e polietileno (três casos), esses valores podem ser considerados insignificantes. Na Tabela 7 constam os valores dos gradientes de turbidez de todas as cisternas, bem como valores máximos, mínimos e a média, além das relações entre os valores máximos e mínimos. O valor máximo de turbidez observado foi de 0,80 UNT na cisterna nº 21; o valor mínimo registrado foi 0,00 UNT medido na grande maioria das cisternas, com exceção das de nº 1A, 6, 9A, 11 e 21. Os valores médios

de turbidez em todas as cisternas variaram entre 0,00 e 0,77 UNT e a máxima relação entre os valores máximos e mínimos foi encontrado na cisterna nº 21, de 1,14.

Não foram observados valores médios de turbidez nas águas de cisternas de polietileno que caracterizassem comportamento diferente das águas das cisternas de placas.

Quanto à conformidade com a Portaria MS 2914/2011, em todos os casos o valor de turbidez estabelecido foram atendidos, com a média variando entre 0 e 0,77 UNT.

Tabela 7 - Valores médios, extremos, relação máxima/mínima e gradientes de Turbidez da água nas cisternas

Numeração das Cisternas	Turbidez (UNT)				
	Média	Mínima	Máx	Máx/Minima	Gradiente ¹
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1A	0.20	0.20	0.20	1.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.10	0.10	0.10	1.00	0.00
6A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	0.10	0.10	0.10	1.00	0.00
9A	0.08	0.00	0.20	0.00	-0.17
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.20	0.20	0.20	1.00	0.00
12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	0.17	0.00	0.50	0.00	-0.33
16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	0.77	0.70	0.80	1.14	-0.07
22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

¹(UNT).m⁻¹

5 CONCLUSÕES

A realização deste trabalho concernente à qualidade das águas de chuvas armazenadas em cisternas de placas e de polietileno permitiu a inferência de ocorrências de fenômenos ligados à estratificação de parâmetros e de diferenças relativas à qualidade nos dois tipos.

Nas cisternas avaliadas foi possível verificar processos de estratificação de substâncias e propriedades físicas, principalmente com relação à temperatura da água. De fato houve queda de temperatura em maior ou menor grau, com a profundidade em todos os perfis construídos, com exceção da cisterna nº 13, de placas, na qual não houve variação.

Em relação ao pH, houve variações que podem ser consideradas significativas, com valores de relação máximo/mínimo de até 22%, com ocorrência de gradientes positivos, negativos e nulos.

Para os parâmetros OD, SDT, CE, salinidade e turbidez não houve variação nos perfis quem possam ser consideradas como significativas, ou seja, indicaram valores constantes ou com mudanças insignificantes nos seus perfis. Essa constatação permitiu a inferência de que nas águas armazenadas nas cisternas não ocorreu o processo de estratificação a ponto de provocar perturbações notáveis nos perfis de parâmetros de qualidade.

Quanto às diferenças entre os valores médios dos perfis dos parâmetros físicos e químicos em cisternas de placas de concreto e polietileno, houve diferenças perceptíveis nos parâmetros pH, CE, SDT e salinidade, demonstrando haver influência dos componentes do concreto das cisternas de placas.

Deve ser ressaltado que esse trabalho, diferentemente das pesquisas referentes à estratificação física e química em águas de açude, pode ser considerado como pioneiro por tratar da estratificação de parâmetros de qualidade da água em cisternas de placas de concreto e polietileno, tema que, tudo indica, inexiste na literatura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE NETO, C. O. de. Aproveitamento imediato da água de chuva. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologia Ambientais – GESTA**. v.1, n. 1, p. 073-086, 2013.

ARAÚJO, S. M. S. A REGIÃO SEMIÁRIDA DO NORDESTE DO BRASIL: Questões Ambientais e Possibilidades de uso Sustentável dos Recursos. **Rios Eletrônica - Revista Científica da FASETE**. v. 5, n. 5, p. 90-98, dez. 2011.

ASA. Articulação no Semiárido Brasileiro. 2014. Disponível em: <<http://www.asabrasil.org.br/semiarido#caracteristicas-semiarido>> . Acesso em março/2017.

ASA. Articulação no Semiárido Brasileiro – Metodologia P1MC. 2017. Disponível em: <<http://www.asabrasil.org.br/acoes/p1mc#metodologia-p1mc>>. Acesso em: Mai. 2017

BRASIL. Grupo de trabalho Interministerial de Programas Regionais. **Agenda de compromissos para subáreas do Semiárido**. Brasília: Câmara de Políticas de Integração Nacional e Desenvolvimento Regional, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011**. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. 2011.

BRASIL. **Decreto nº 7.535, de 25 de julho de 2011**. Institui o Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Água - “ÁGUA PARA TODOS”. Diário Oficial, Brasília, DF, 25 jul. 2011.

BRASIL. **Decreto nº 7.492, de 2 de junho de 2011**. Institui o Plano Brasil Sem Miséria. Diário Oficial, Brasília, DF, 2 jun. 2011.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional - MI. Entenda o programa: Água para todos. 2015. Disponível em: < <http://www.mi.gov.br/web/guest/entenda-o-programa>>. Acesso em abr. 2017.

BRASIL. Portal Brasil. Equipamentos do Água Para Todos encurtam caminhos da seca. 2016. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2016/10/equipamento-do-agua-para-todos-encurtam-caminhos-da-seca>>. Acesso em abr. 2017.

DIAS, R. B. Tecnologia social e desenvolvimento local: reflexões a partir da análise do Programa Um Milhão de Cisternas. **Revista Brasileira de Desenvolvimento Regional – RBDR**, Blumenau, v.1, n. 1, p. 173-189, Primavera de 2013. ISSN: 2317-5443

DIAS, J. T. **Avaliação qualitativa de águas armazenadas em cisternas no semiárido paraibano**. 2016. 83p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-PB. 2013

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. 3. ed. Interciência/FINEP, Rio de Janeiro – RJ. 1998.

FRANÇA, J. M. B.; WACHHOLZ, F.; NETO, J. A. C.; PAULINO, W. D. Comportamento das variáveis qualitativas do Açude Pereira de Miranda - Pentecoste/CE, no período de estiagem. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 32, n. 4, p.586-599, 2013.

GOMES, U.A.F.; DOMÈNECH, L.; PENA, J. L.; HELLER, L.; PALMIER, L. R. A Captação de Água de Chuva no Brasil: Novos Aportes a Partir de um Olhar Internacional. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19 n.1, p. 7-16, Jan/Mar. 2014.

GOMES, U. A. F.; HELLER, L. Acesso à água proporcionado pelo Programa de Formação e Mobilização Social para Convivência com o Semiárido: Um Milhão de Cisternas Rurais: combate à seca ou ruptura da vulnerabilidade?. **Eng. Sanit. Ambient., Rio de Janeiro**, v. 21, n. 3, p. 623-633, set. 2016. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522016000300623&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: mar. 2017

HESPANHOL, I. **Influência do Represamento na Qualidade da Água**. Ver. DAE. São Paulo. p. 41-48. 1978.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010.

JOVENTINO, E.S.; SILVA, S.F.; ROGERIO, R.F.; FREITAS, G.L.; XIMENES, L.B.; MOURA, E.R.F. Comportamento da diarreia infantil antes e após consumo de água pluvial em município do semiárido brasileiro. **Texto & Contexto Enfermagem**, v. 19, n. 4, p. 691-699, 2010.

MAIA, A. G.; ARAÚJO, J. M. S. Análise do comportamento de uma cisterna do semiárido brasileiro: atendimento da demanda durante um período de escassez. In: 19º Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2011. Maceió, Brasil. **Anais...** Maceió: ABRH. 2011.

BRASILEIRO: atendimento da demanda durante um período de escassez

MACHADO, T. T. V.; DIAS, J. T.; CABRAL da SILVA, T. Evolução e avaliação das políticas públicas para a atenuação dos efeitos da seca no semiárido brasileiro. **Revista Gaia Scientia** - ISSN 1981-1268. 2016 (no prelo).

MACHADO, T. T. V.; DIAS, J. T.; CABRAL da SILVA, T.; GADELHA, Carmem Lúcia Moreira. **Caracterização microbiológica da água de cisternas no semiárido do estado da Paraíba/Brasil**. II Congresso Interamericano de Agua Potable y Saneamiento Rural. Santiago: AIDIS, 2016. v. 1

MARENGO, J. ; CUNHA, A. P.; ALVES, L. M. A Seca de 2012-15 no Semiárido do Nordeste do Brasil no Contexto Histórico. **Revista Climanálise - Edição Comemorativa de 30 anos**. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/revista/pdf/30anos/marengoetal.pdf>>. Acesso em: Abr.2017

NASCIMENTO, F. R. Os semiáridos e a desertificação no Brasil. **REDE – Revista Eletrônica do PRODEMA**. Fortaleza, Brasil, v. 9, n. 2, p. 07-26, jul./dez. 2015. ISSN: 1982-5528

PIVELI, R.P.; KATO, M.T. Qualidade das águas e poluição: aspectos físicoquímicos. São Paulo: ABES, 2005.

SILVA, R. M. A. **Entre o combate à seca e a convivência com o semiárido:** transições paradigmáticas e sustentabilidade do desenvolvimento. 2006. 298 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento sustentável) – Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2006.

SOUZA, J. H. B.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SANTOS, S. M.; PESSOA, S. G. S.; NÓBREGA, R. L. B. Avaliação da qualidade da água e da eficácia de barreiras sanitárias em sistemas para aproveitamento de águas de chuva. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos** v.16, n. 3, p. 81 – 93, Jul/Set. 2011.

SILVA, V. F. **Avaliação da qualidade da água em barragem subterrânea no semiárido.** 2013. 85p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru-PE. 2013.

SILVA, A. S.; SÁ, I. B.; BRITO, L. T. L. PERFIL DO SEMIÁRIDO RURAL BRASILEIRO: Índice de vulnerabilidade socioeconômica e ecológica dos estabelecimentos agrários - IVA. In: 9º. Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva. 2007. Feira de Santana. **Anais...** Feira de Santana/BA: ABCMAC, 2014.

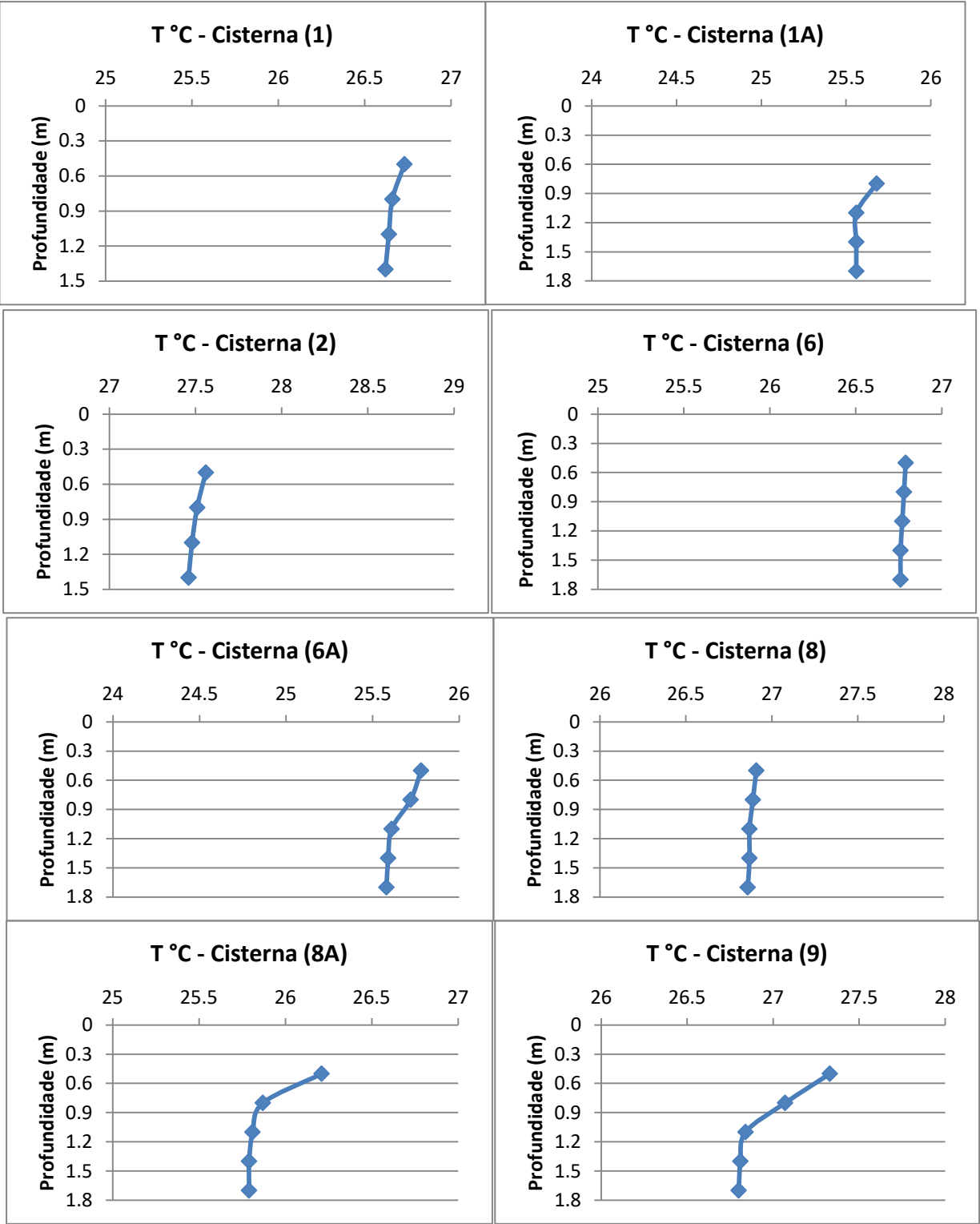
TAVARES, A. K.; LEAL, B. N.; SILVA, R. C. B.; LYRA, M. R. C. C.; CARVALHO, R. M. C. M. O. Ampliação do acesso à água através do programa água para todos. In: 9º. Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva. 2007. Feira de Santana. **Anais...** Feira de Santana/BA: ABCMAC, 2014.

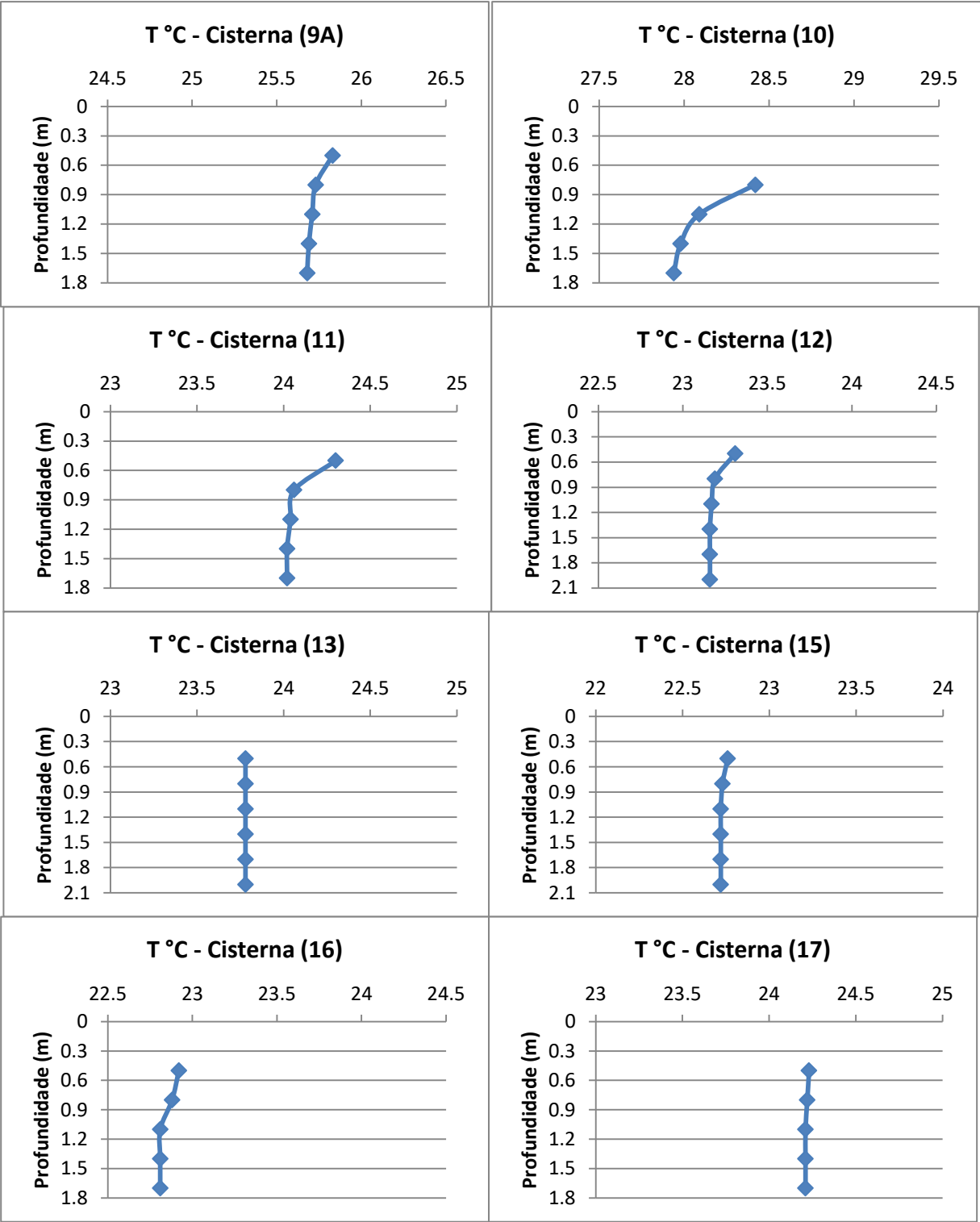
VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. v. 1, 3ª Ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Ed. UFMG. 2005.

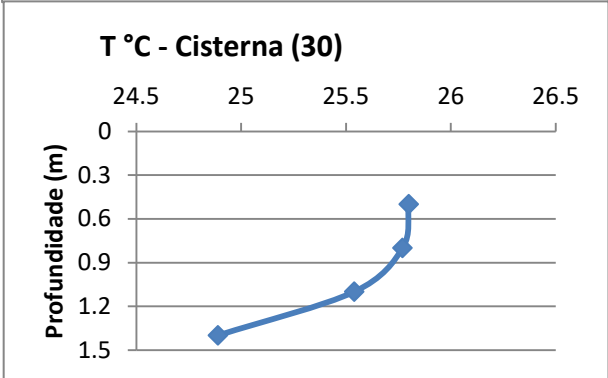
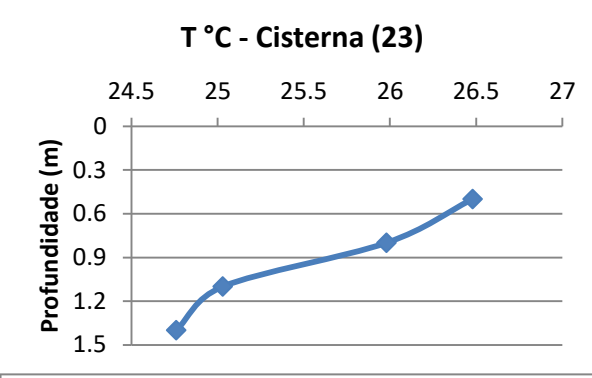
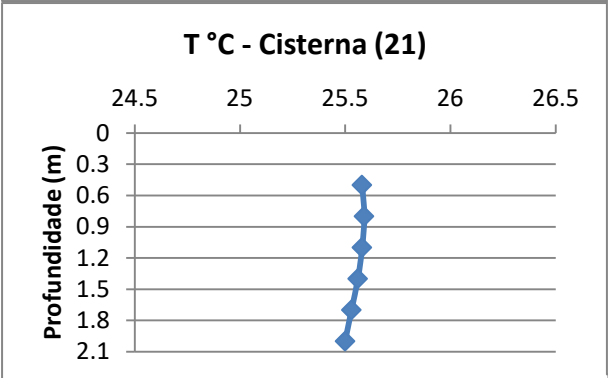
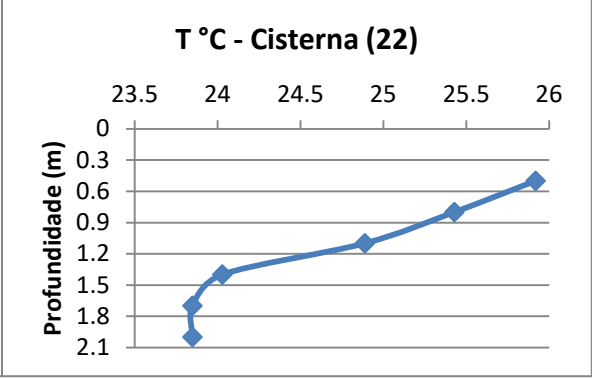
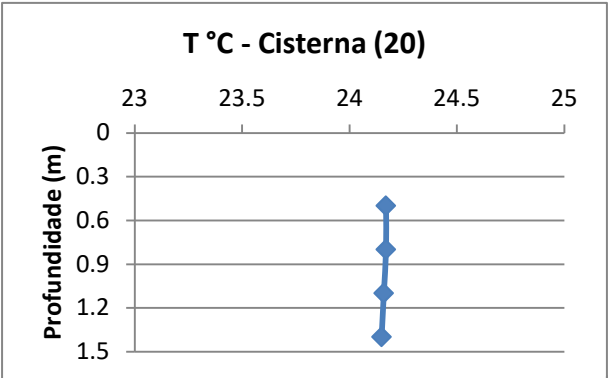
VIEIRA, M. R. Os principais parâmetros monitorados pelas sondas multiparâmetros são: pH, condutividade, temperatura, turbidez, clorofila ou cianobactérias e oxigênio dissolvido, 2016. Disponível em: <https://www.agsolve.com.br/news_upload/file/Parametros%20da%20Qualidade%20da%20Agua.pdf>. Acesso em: Mai.2017.

XAVIER, R. P. **Influência de barreiras sanitárias na qualidade da água de chuva armazenada em cisternas no semiárido paraibano.** 2010. 114p. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB. 2010.

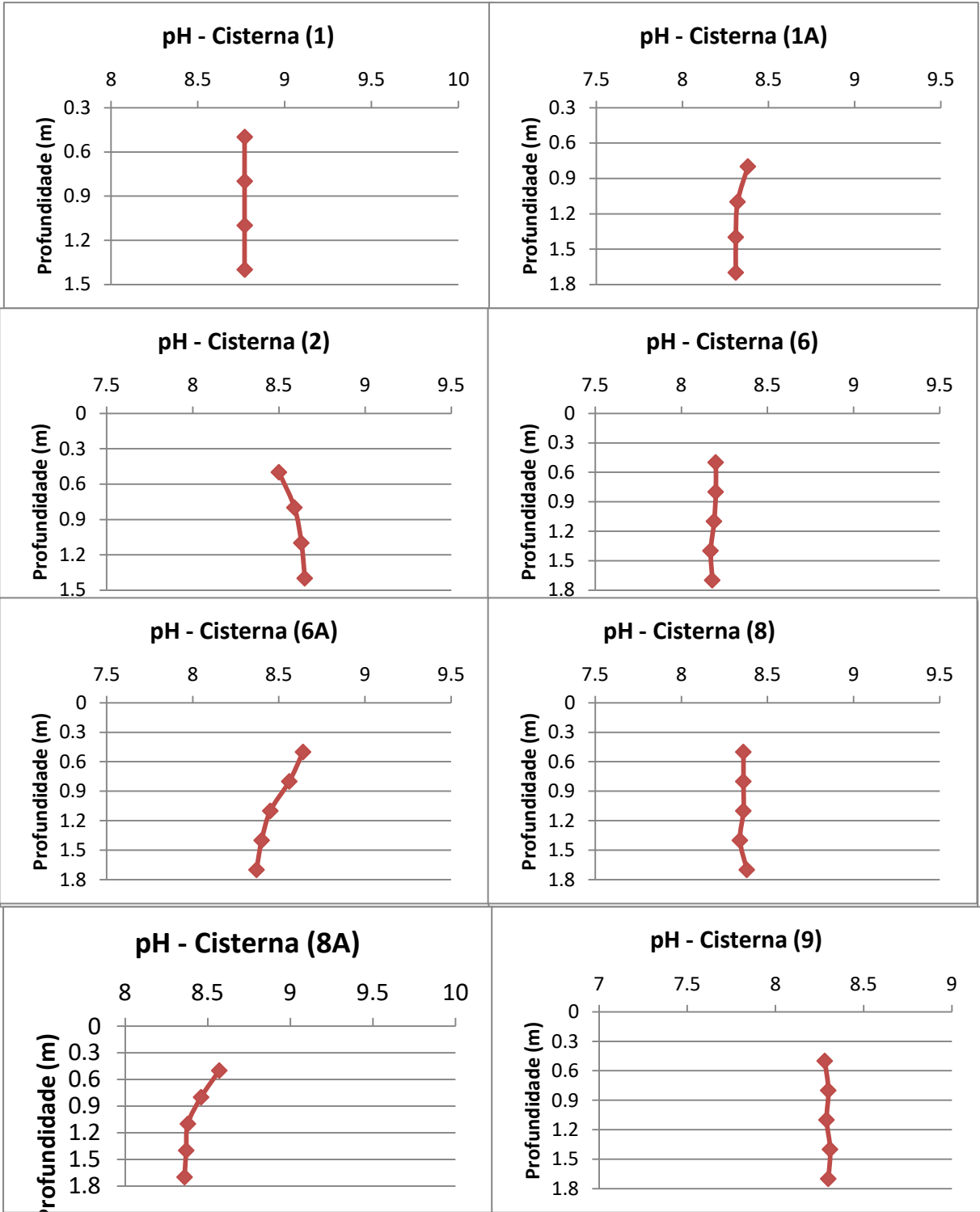
APÊNDICE A

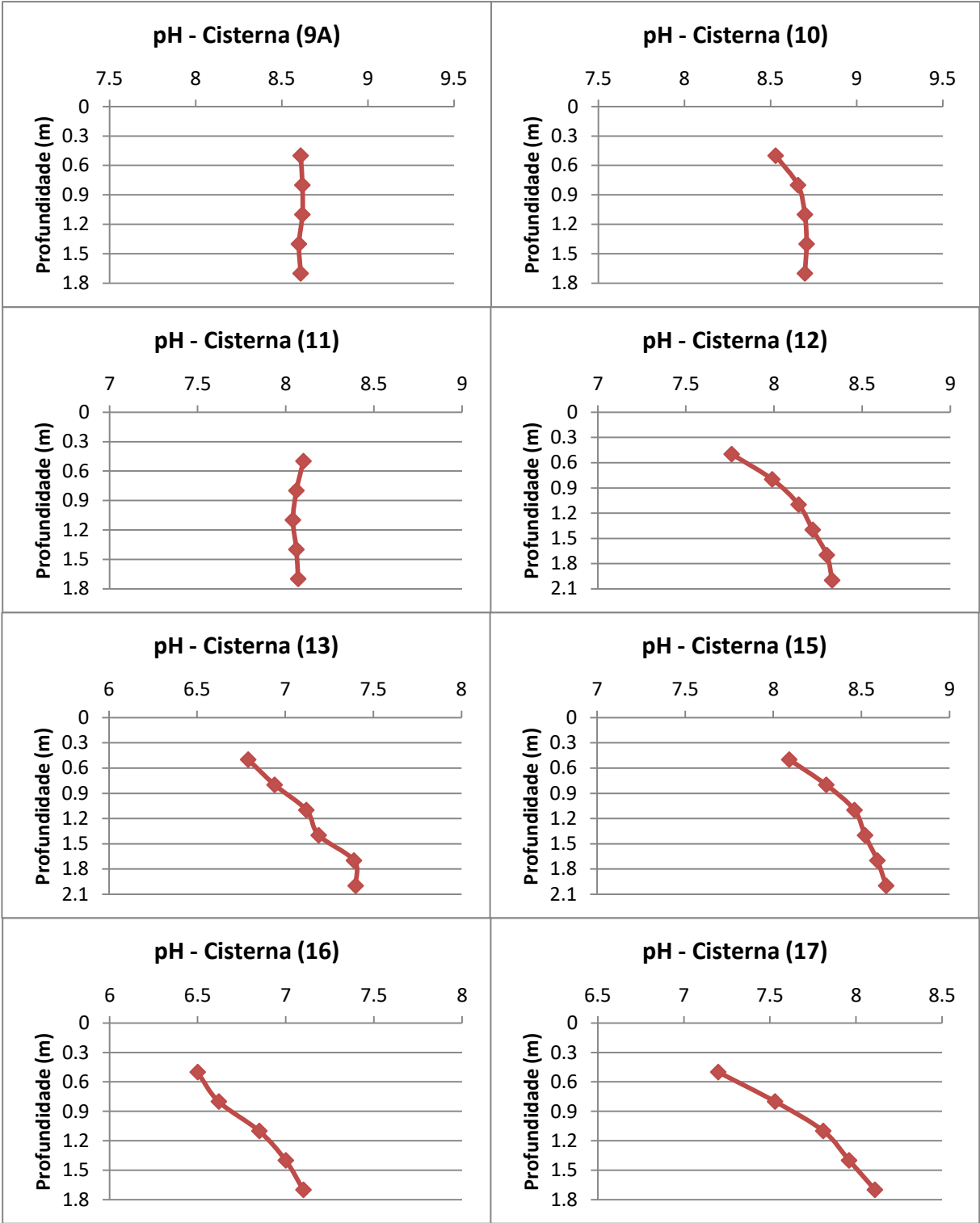


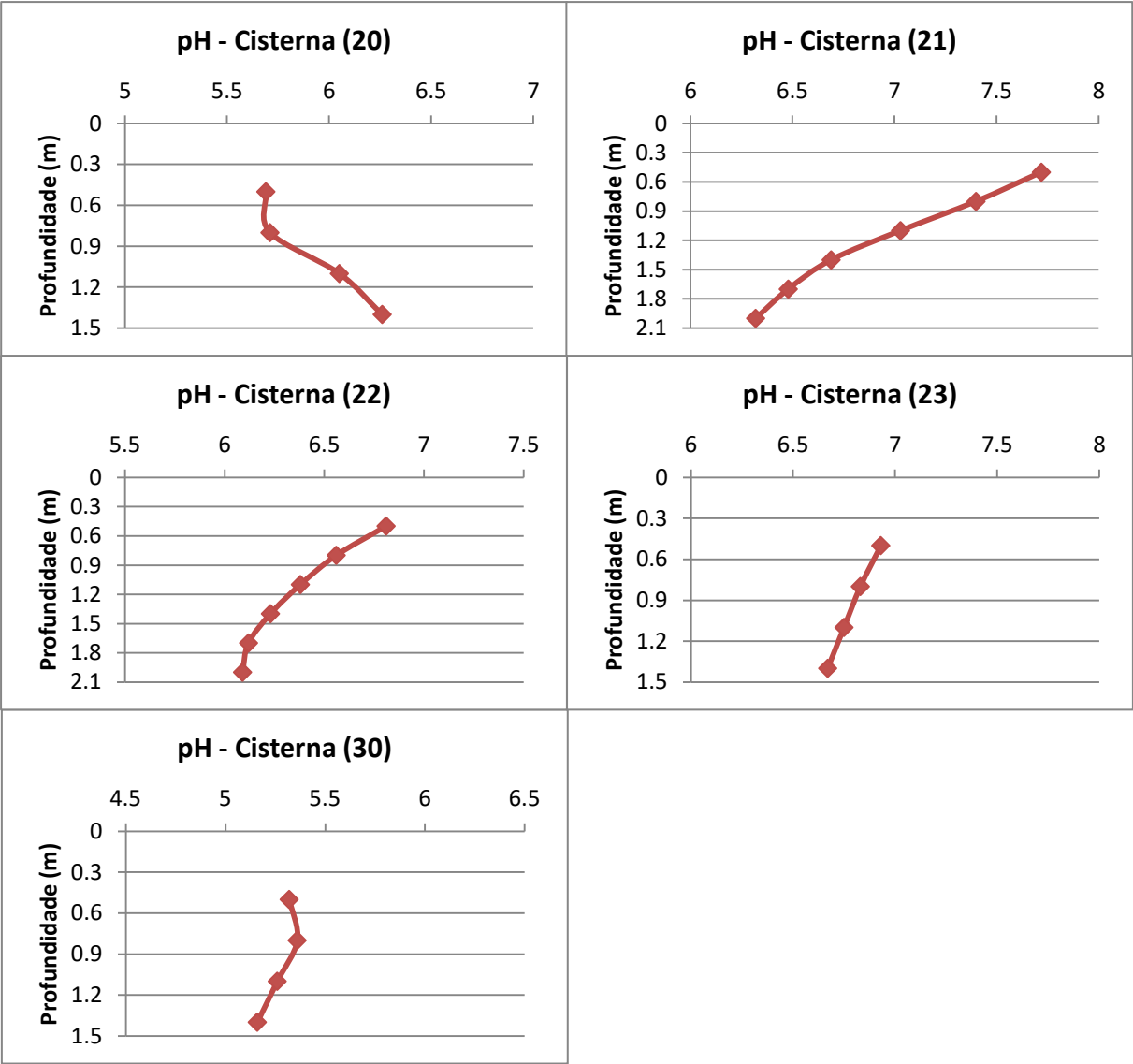




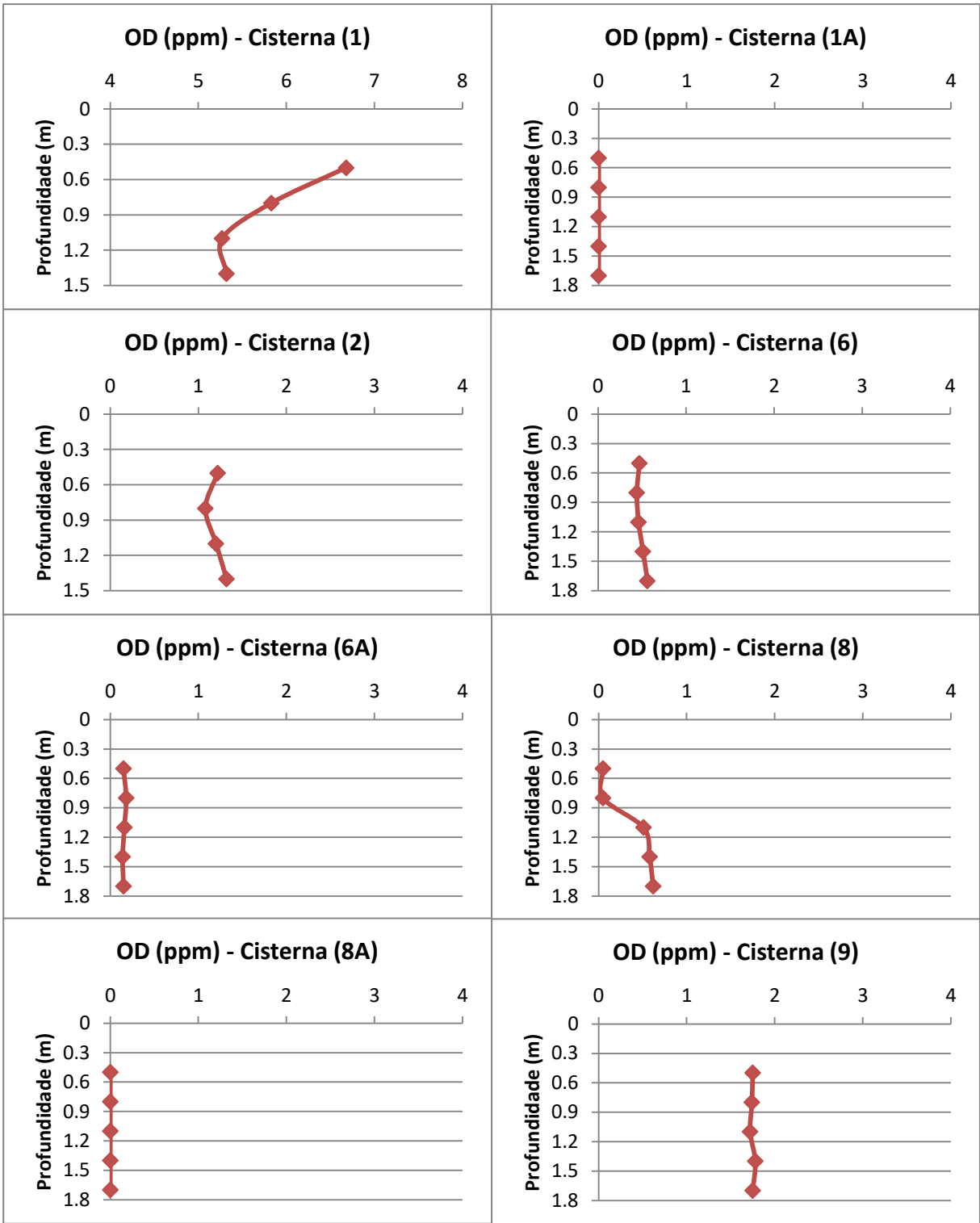
APÊNDICE B

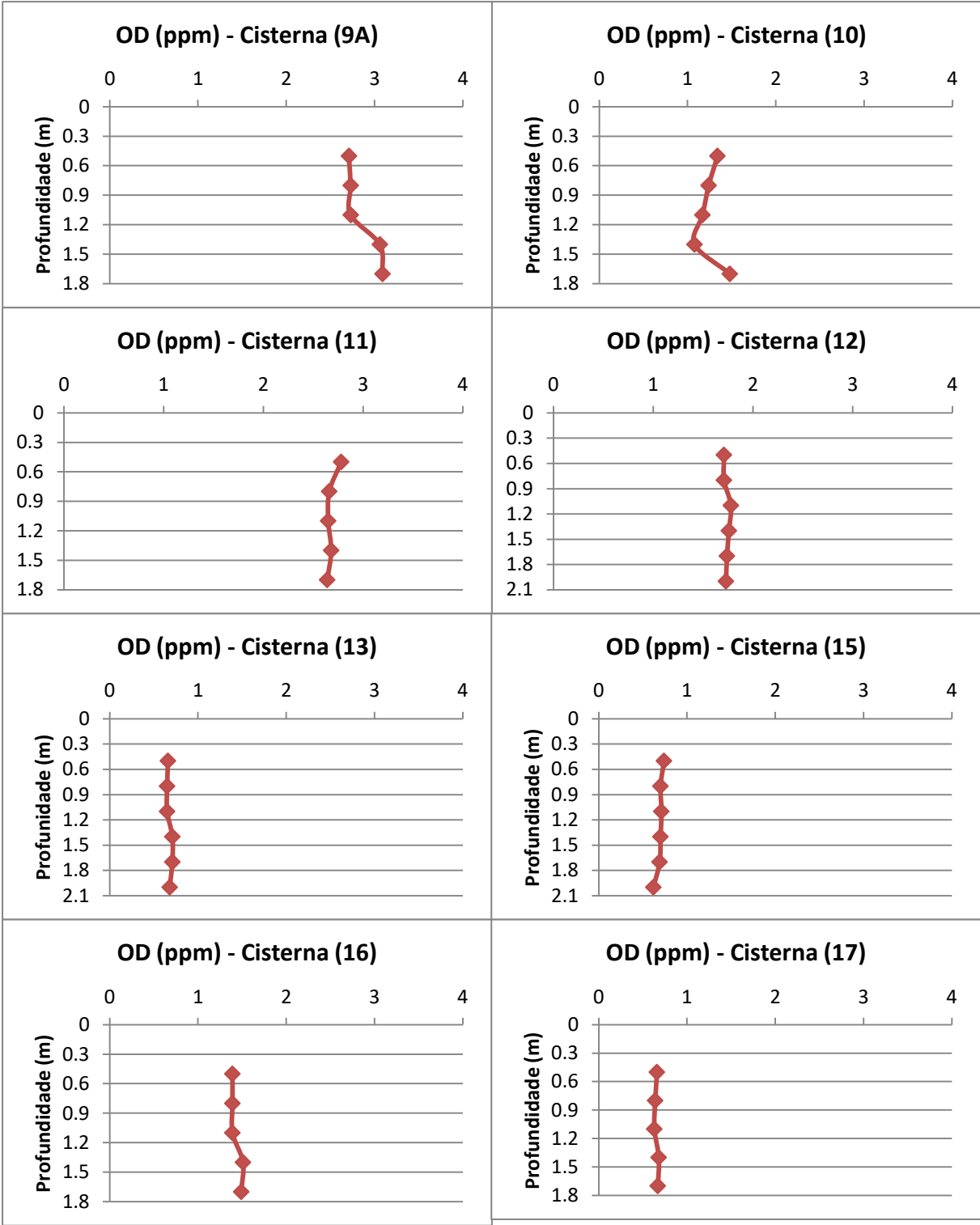


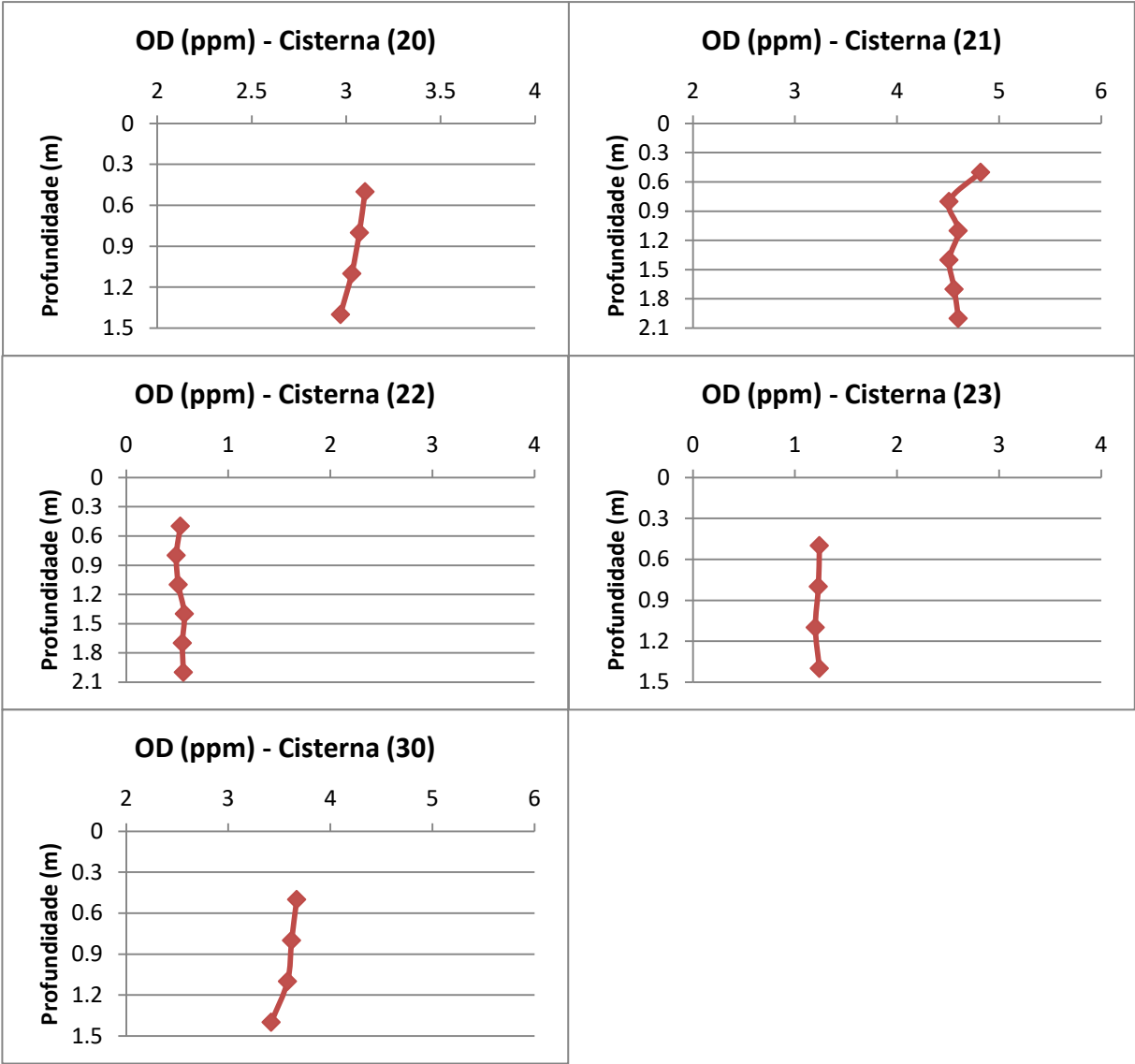




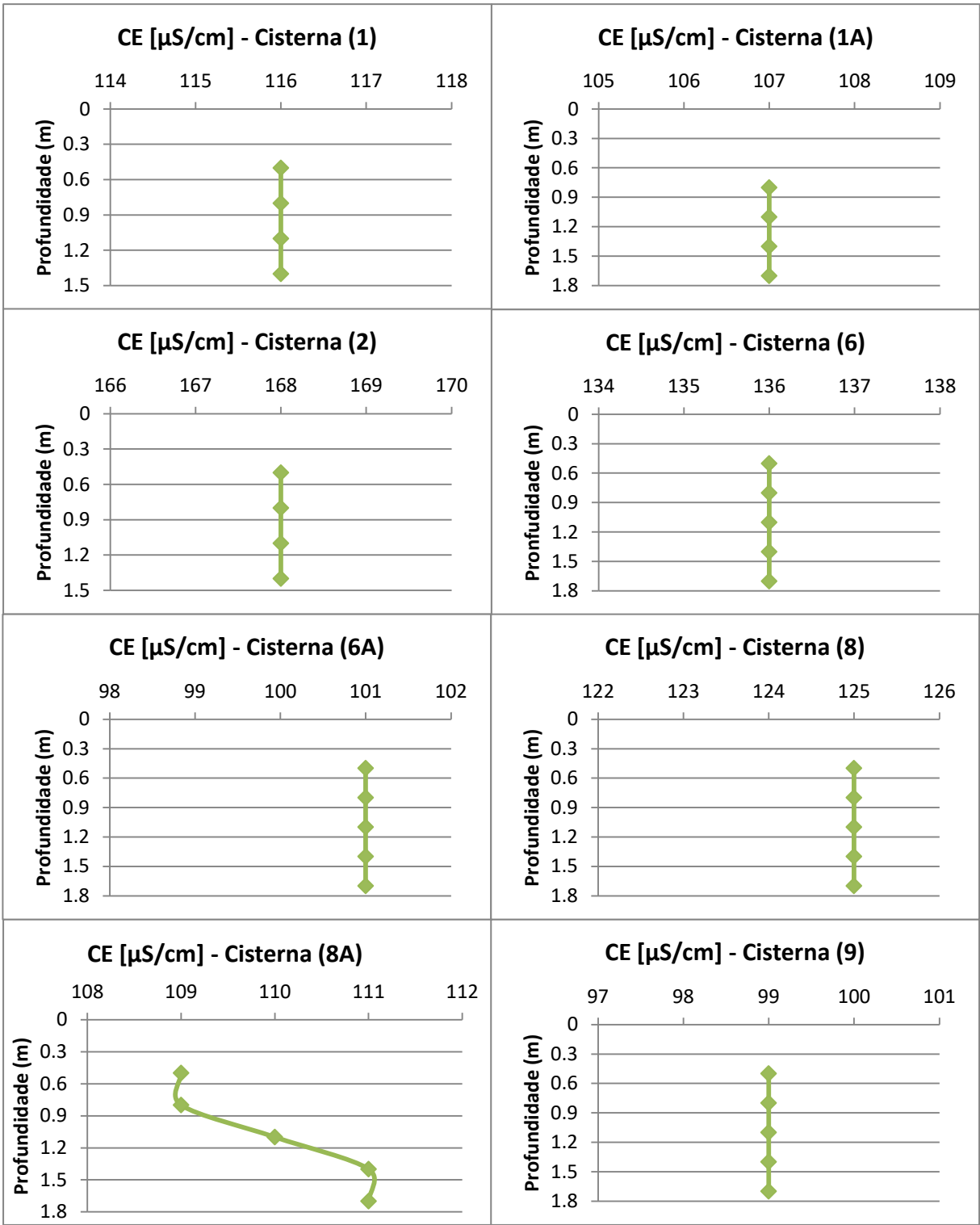
APENDICE C

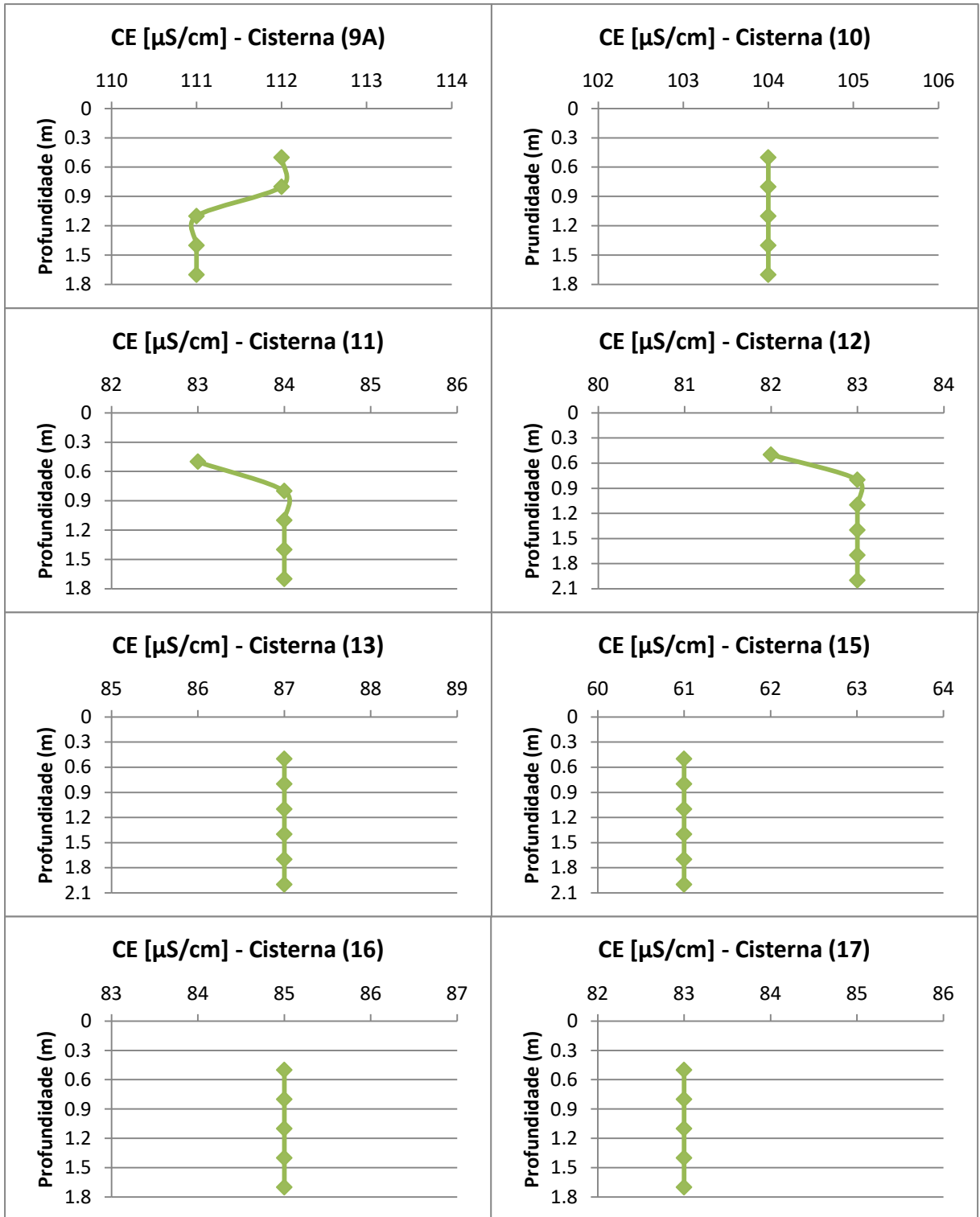


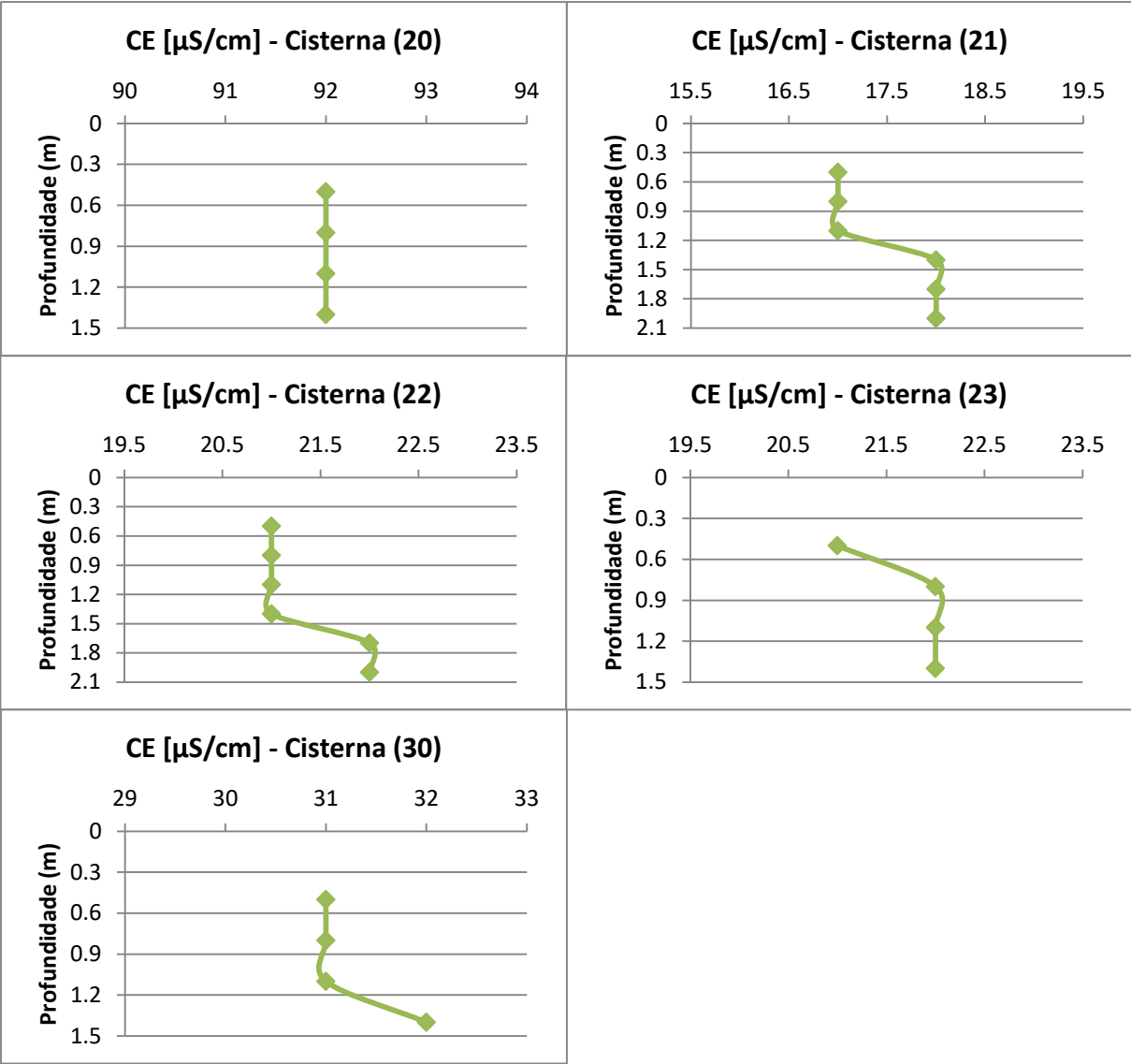




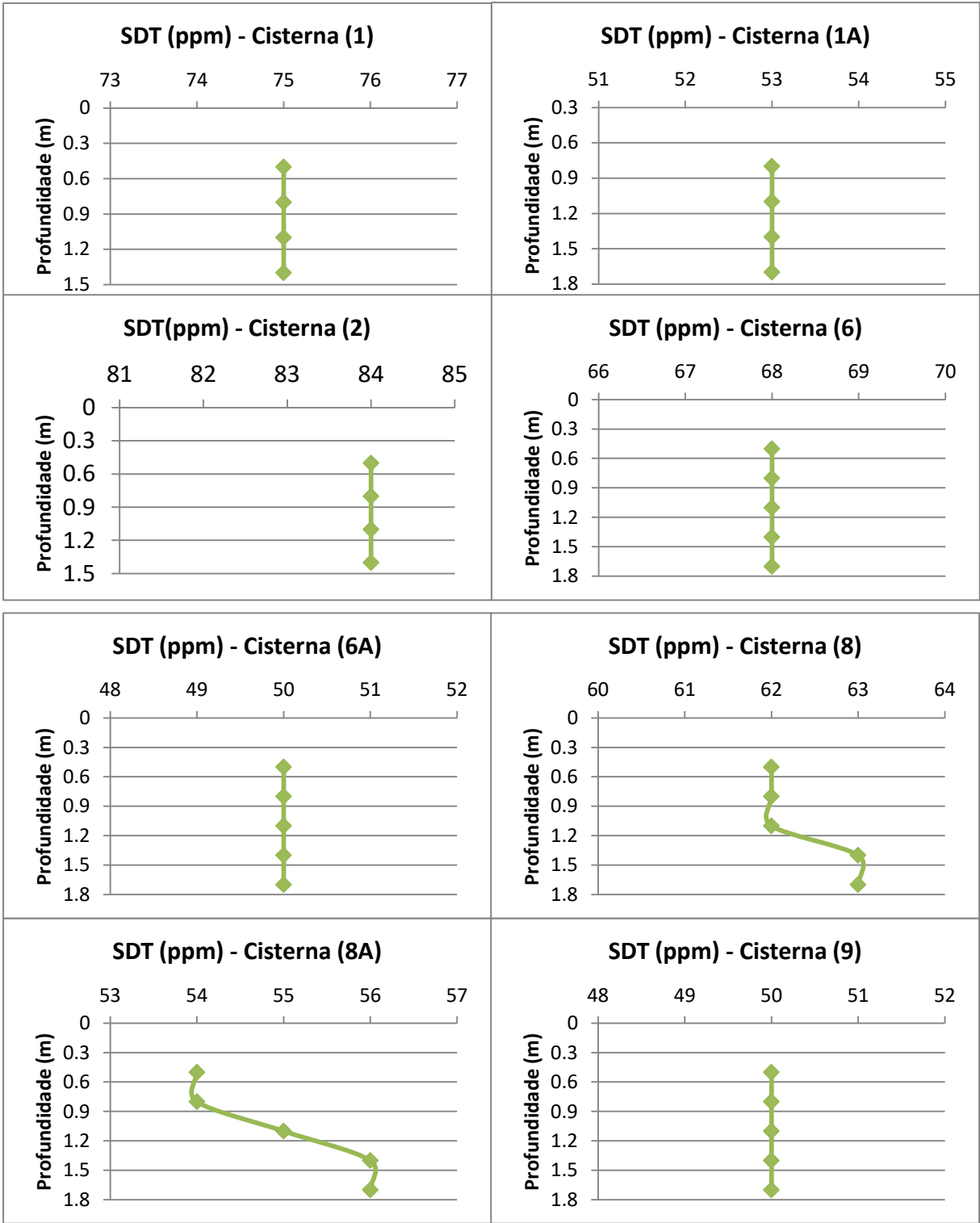
APÊNDICE D

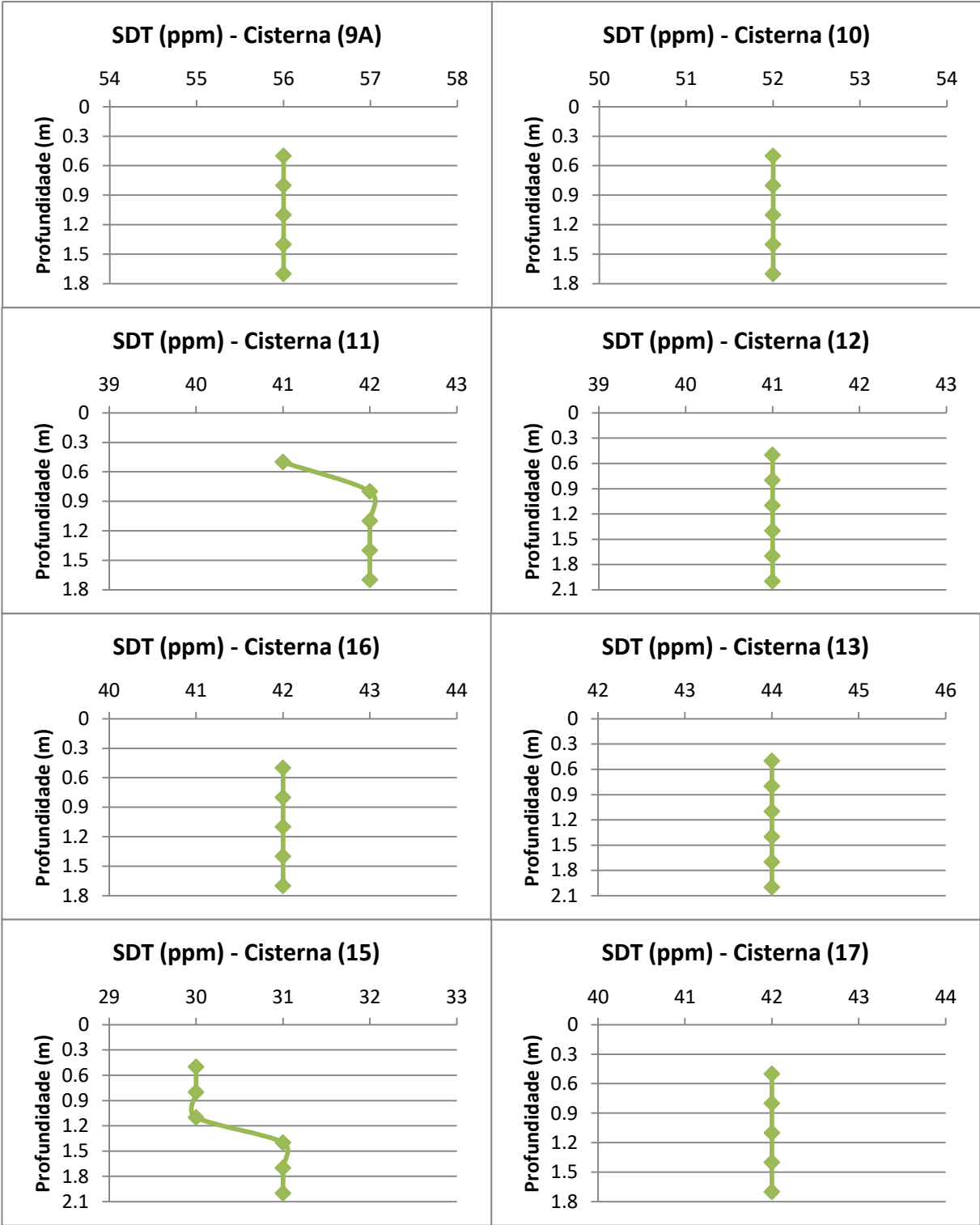


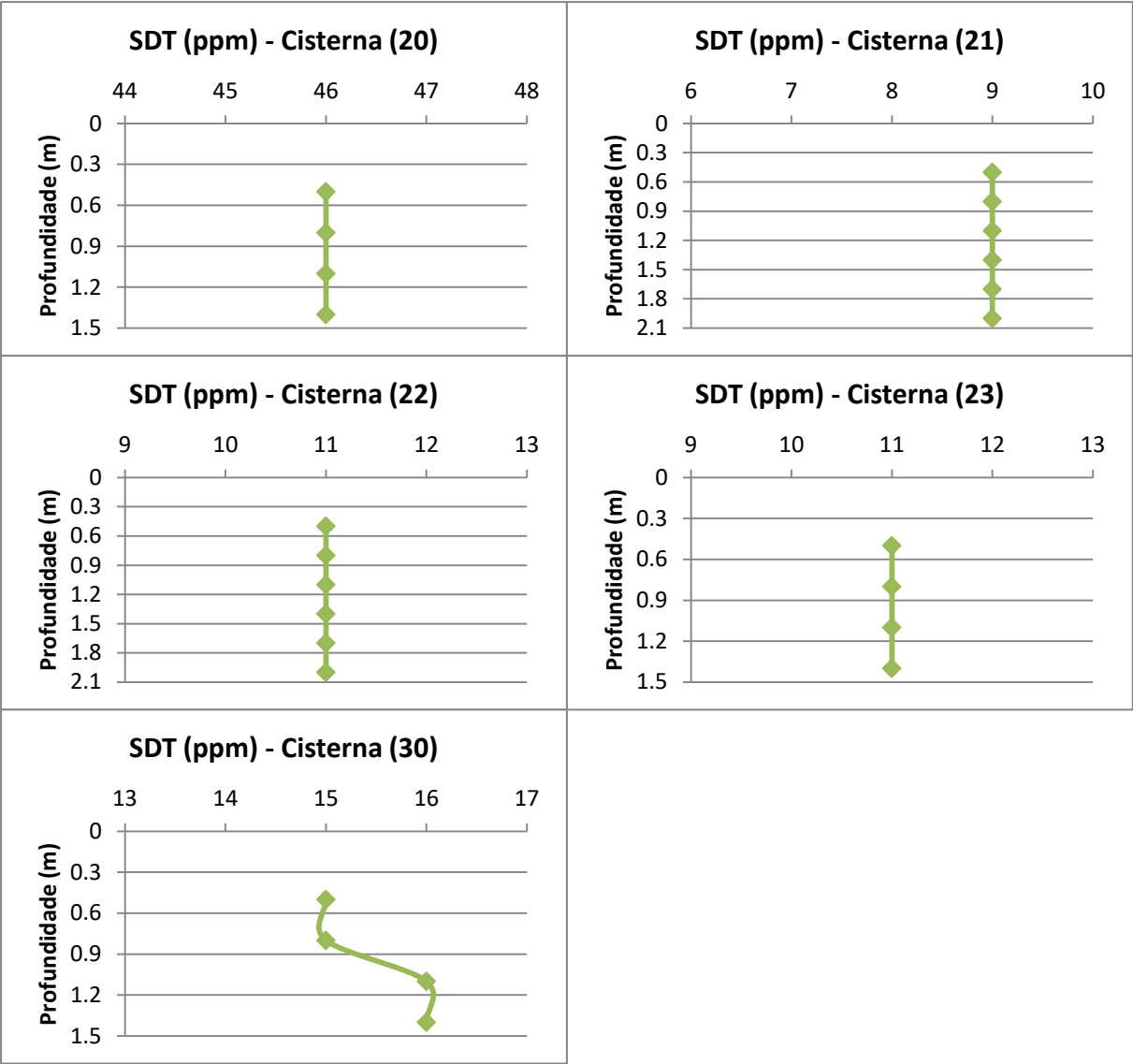




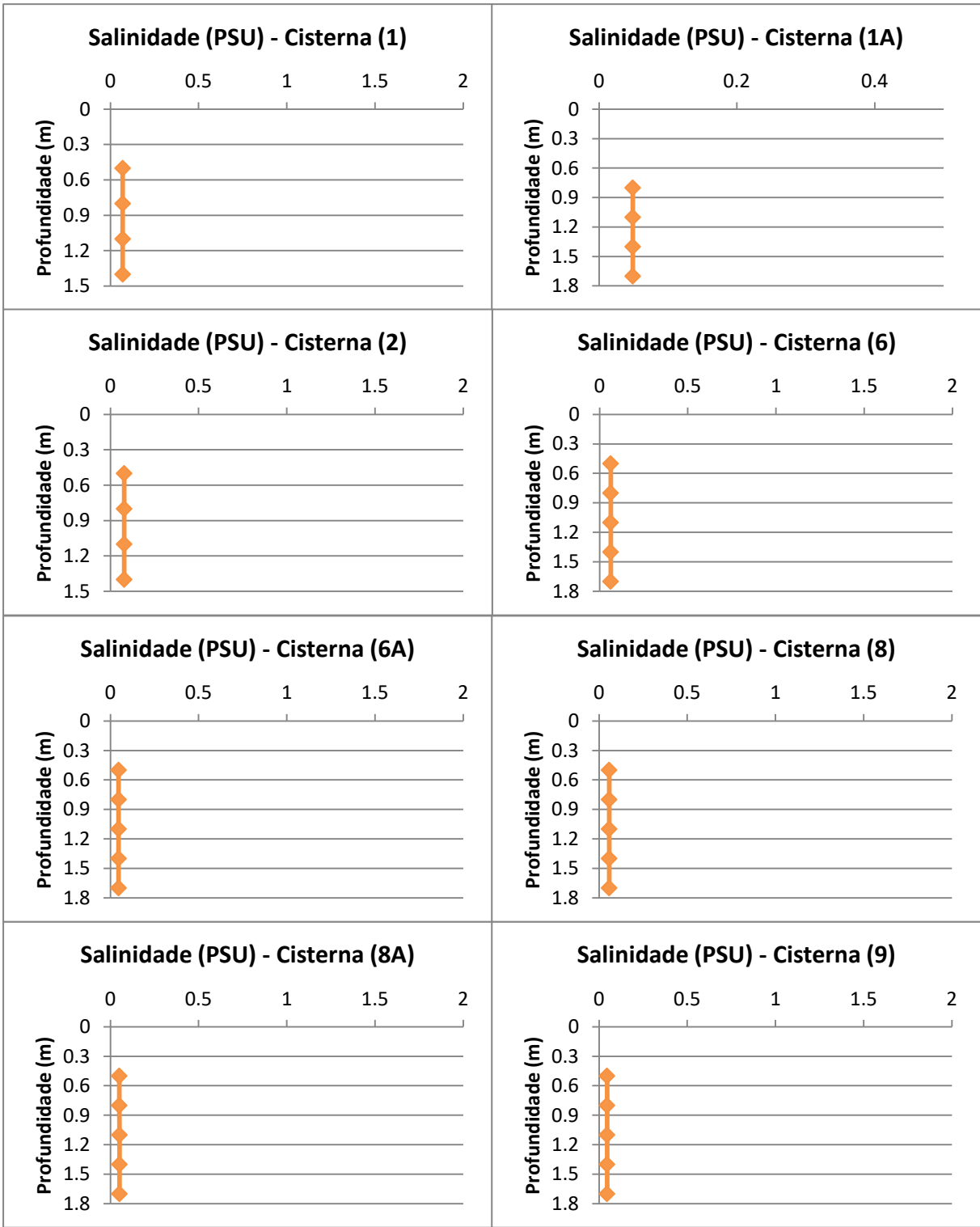
APÊNDICE E

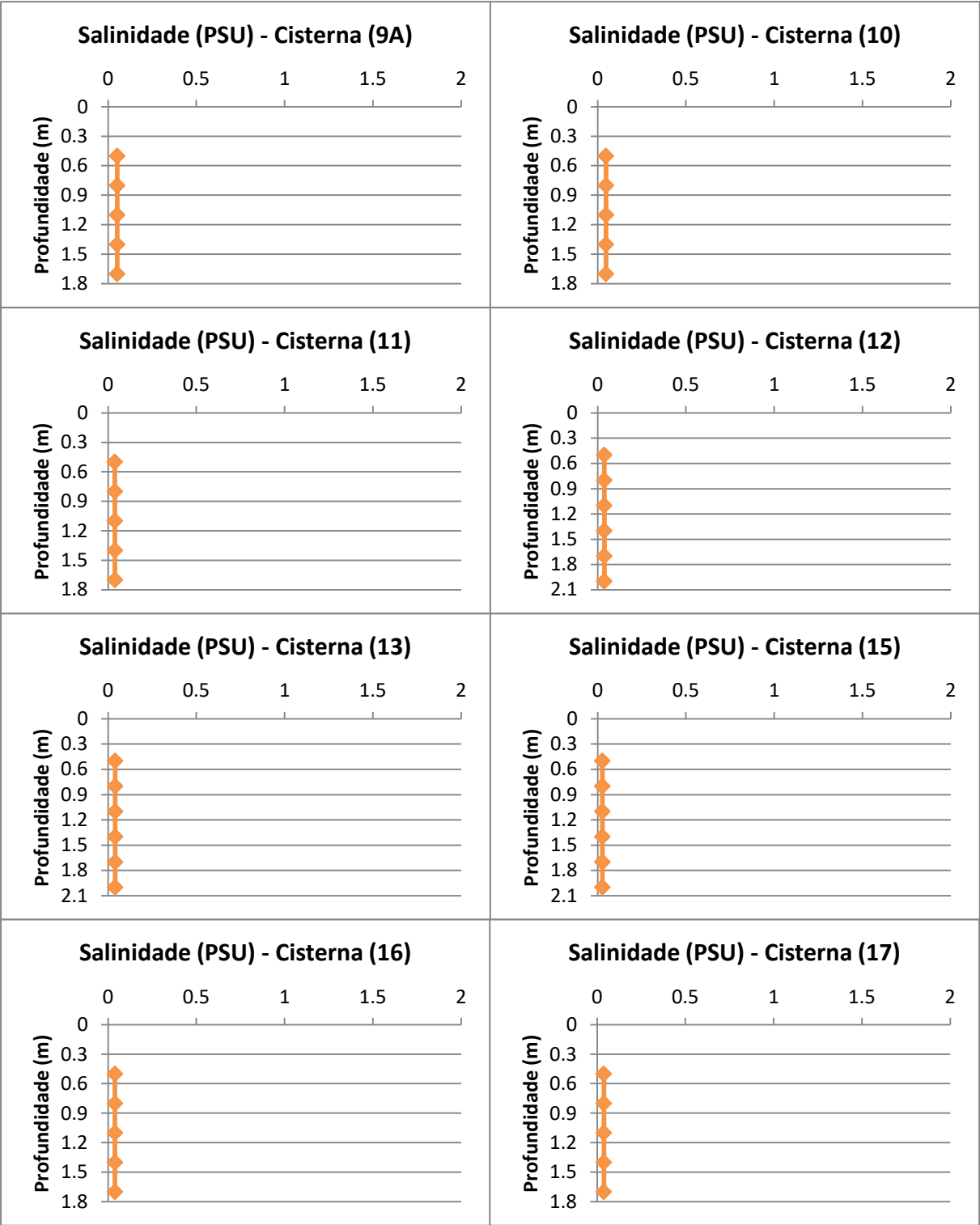


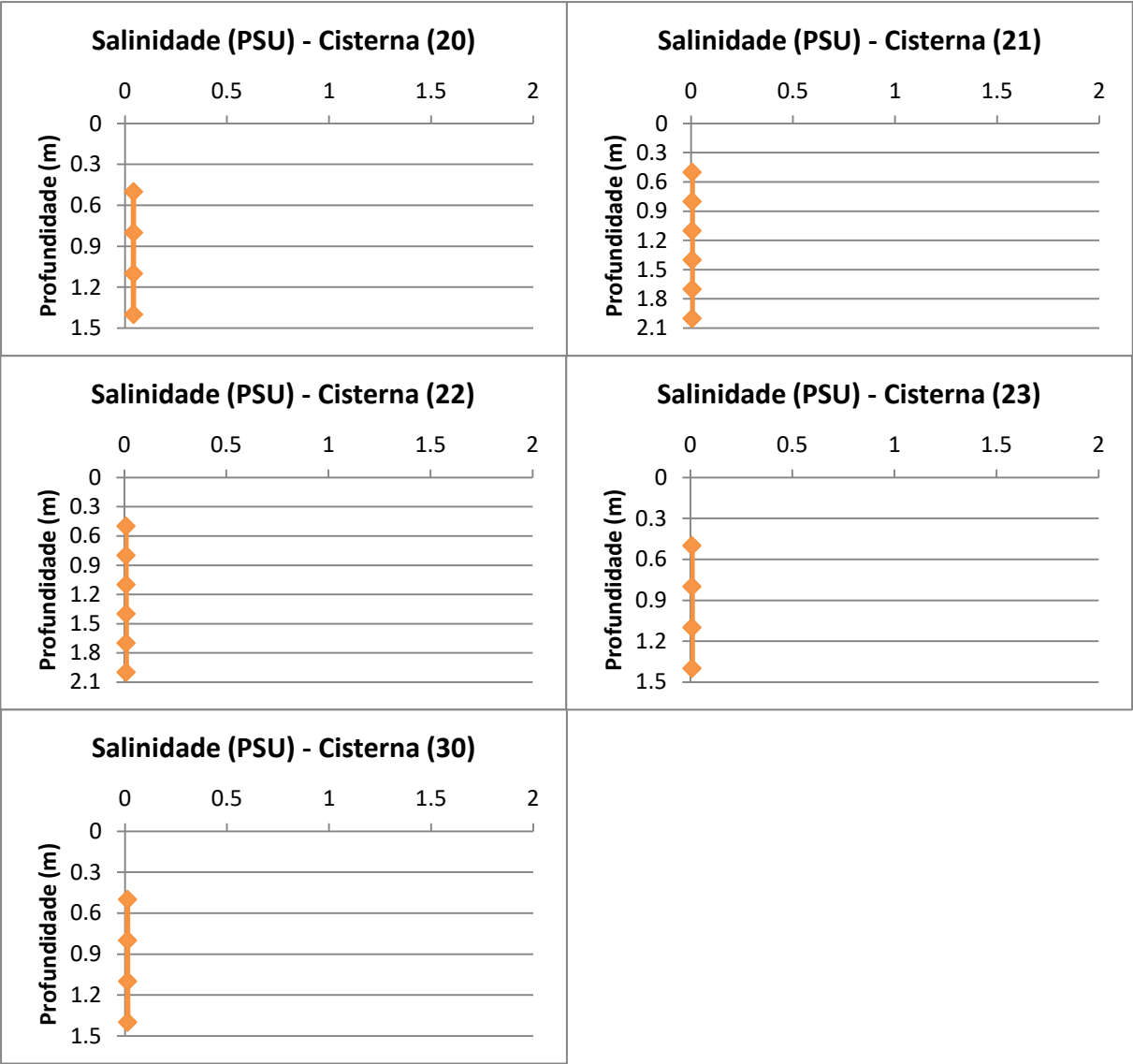




APÊNDICE F







APÊNDICE G

