



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE BIOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE MICOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA DE FUNGOS

**CARLIANE MARIA DO CARMO LINS DA NATIVIDADE**

**FUNGOS FILAMENTOSOS EM ÁGUA POTÁVEL DE CISTERNAS DA  
REGIÃO SEMIÁRIDA DE PERNAMBUCO**

RECIFE  
2016

**CARLIANE MARIA DO CARMO LINS DA NATIVIDADE**

**FUNGOS FILAMENTOSOS EM ÁGUA POTÁVEL DE CISTERNAS DA  
REGIÃO SEMIÁRIDA DE PERNAMBUCO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Biologia de Fungos da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Biologia de Fungos.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Norma Buarque de Gusmão

Co-orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cristina Maria de Souza Motta

RECIFE  
2016

Catalogação na fonte  
Elaine Barroso  
CRB 1728

**Natividade, Carliane Maria do Carmo Lins da**  
**Fungos filamentosos em água potável de cisternas da Região Semiárida**  
**de Pernambuco / Carliane Maria do Carmo Lins da Natividade- Recife: O**  
**Autor, 2016.**

**49 folhas: il., fig., tab.**

**Orientadora: Norma Buarque de Gusmão**

**Coorientadora: Cristina Maria de Souza Motta**

**Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco.**

**Centro de Biociências. Biologia de Fungos, 2016.**

**Inclui referências**

- 1. Fungos filamentosos 2. Água- microbiologia 3. Cisternas I.**
- Gusmão, Norma Buarque de (orientadora) II. Motta, Cristina Maria de Souza (coorientadora) III. Título**

**579.5**

**CDD (22.ed.)**

**UFPE/CB-2017-198**

**CARLIANE MARIA DO CARMO LINS DA NATIVIDADE**

**FUNGOS FILAMENTOSOS EM ÁGUA POTÁVEL DE CISTERNAS DA  
REGIÃO SEMIÁRIDA DE PERNAMBUCO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Biologia de Fungos em 15 de março de 2016 da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Biologia de Fungos.

Aprovada em: 15/03/2016

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Dr<sup>a</sup>. Norma Buarque de Gusmão (Orientadora)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Dr<sup>a</sup>. Virgínia de Medeiros Siqueira  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

Dr<sup>a</sup>. Marília de Holanda Cavalcanti  
Universidade Federal de Pernambuco

## AGRADECIMENTOS

A Deus, primeiramente, por estar presente em todos os momentos da minha vida me dando força e resignação a cada passo. Permitindo-me vencer mais uma etapa em meu crescimento.

As minhas amadas mãe e avó, Ana Paula Lins Cavalcanti e Diva Lins Rocha, que são tudo em minha vida. Por todo o sacrifício que fizeram durante meu crescimento, pelo amor, compreensão e força que me deram. Amo muito vocês.

Ao meu pai, Carlos Alberto Engracio da Natividade (*in memoriam*), por acreditar que um dia estaria formada, pelo amor incondicional que me deu em sua vida e por estar olhando por mim onde estiver. Pai, que Deus te abençoe, te amo muito.

Aos meus irmãos por tudo que já passamos juntos, pela força nos momentos difíceis e amor que compartilhamos sempre.

A professora Norma Buarque de Gusmão por aceitar ser minha orientadora, me ensinar, ajudar nos meus momentos mais difíceis e abrir esse novo caminho na minha vida.

A professora Cristina Souza Motta, por aceitar ser minha co-orientadora, pela paciência, pelo conhecimento adquirido com a senhora.

A Helena Oliveira pela amizade, por ir comigo em todas as minhas coletas, me ensinar sobre esses fungos presentes na água.

Aos amigos que conquistei durante o curso e aos que me apoiaram e ajudaram nas horas de estresse. Amo vocês e muito obrigada por tudo.

Aos professores do curso, por passarem seus conhecimentos e nos introduzir ao maravilhoso mundo dos fungos.

A Universidade Federal de Pernambuco, mais particularmente o Departamento de Micologia, pela disponibilidade da infraestrutura na realização do curso.

À Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pela bolsa concedida.

Muito obrigada a todos.

"Cada dia que amanhece assemelha-se a uma página em branco, na qual gravamos os nossos pensamentos, ações e atitudes. Na essência, cada dia é a preparação de nosso próprio amanhã."

Francisco Cândido Xavier, 1995

## RESUMO

A água é um bem inestimável a sobrevivência dos seres vivos, necessitando todas as fases de seu desenvolvimento. Estando presente na maior parte do planeta, contudo as reservas de água doce não suportam o aumento da densidade populacional possuindo assim uma escassez que se espalha pelo mundo. O Brasil possui uma das maiores reservas de água doce do mundo, no entanto não está igualmente distribuída apresentando áreas com baixos índices pluviométricos sem água. Todavia os governantes encontraram uma opção para armazenar água às famílias rurais da região do semiárido brasileiro através das cisternas, uma vez que há baixo índice pluviométrico nessa área. As cisternas armazenam águas provenientes da chuva e garantem a população água no período da seca, contudo essa água não recebe tratamento. Assim necessitando de uma verificação quanto aos parâmetros físico-químicos e microbiológico da água armazenada. Com isso esse estudo teve o objetivo de verificar a qualidade físico-química da água e a presença de fungos filamentosos livres em seis cisternas localizadas em Lajedo do Cedro município de Caruaru – PE, durante 90 dias. Os fungos filamentosos foram quantificados pelo método da membrana filtrante. As membranas provenientes da filtração foram transferidas para o meio de cultura PGRBA acrescido de Cloranfenicol e incubadas a 30°C durante 24-48h. Após o crescimento fúngico, esses foram contados e transferidos para purificação. Quanto à qualidade físico-química foram analisados quatro parâmetros: pH, temperatura, turbidez e oxigênio dissolvido na água. O pH obteve média total dos pontos de coleta de 7,97, a temperatura obteve média de 24°C, a turbidez de 0,81 NUT e o oxigênio dissolvido de 4,8 mg/L, estando esses parâmetros de acordo com Portaria MS nº2.914/2011 do Ministério da Saúde - Brasil. Em todas as amostras de água resultante dos seis pontos de coleta foram encontrados fungos filamentosos, com total da unidade formadora de colônia de 486 UFC/100mL. A cisterna 01 apresentou o menor quantitativo com uma média de 17 UFC/100mL nas quatro coletas. Os gêneros encontrados nas águas armazenadas nas seis coletas foram *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma* e *Cladosporium*. Concluindo, de acordo com a lei vigente a água armazenada nas cisternas está própria para consumo em relação à análise físico-química. Entretanto mesmo sem a legislação não mesurar o número nem quais fungos filamentos, patogênicos ou não, se faz necessário um tratamento da água armazenada nas cisternas.

**Palavras-chave:** Qualidade da água, chuva, água doce, legislação, microrganismos.

## ABSTRACT

Water is an invaluable asset to survival of living beings need these in all phases of their development. Being present in most of the planet, yet the freshwater reserves do not support the increased population density thus having a shortage that spreads around the world. Brazil has one of the largest fresh water reserves in the world, but is not equally distributed leaving areas with high temperature and low rainfall without water. But the rulers found an option to bring water to rural families in the Brazilian semi-arid region through the tanks, since there is low rainfall in this area. The tanks store water from rain and ensure water population in the dry season, however this water is not fed. Thus requiring a check for physico-chemical parameters and microbiological water storage. Thus this study aimed to verify the physical and chemical water quality and the presence of filamentous fungi free in six tanks of the semiarid region of Pernambuco, in the city of Caruaru, in the city of Lajedo do Cedro. The collections in this region were carried out within 90 days in six tanks, where the collections were monthly. Filamentous fungi were measured by the membrane filter method with 100 ml volumes of each filtration point was performed in triplicate. The membranes from filtration were placed in culture medium plus PGRBA Chloramphenicol and incubated at 30 ° C for 24-48h. After fungal growth, these were counted and transferred to specific culture medium checking its purity. Verified purity were transferred to test tubes containing means of BDA and identified culture as gender. The physical-chemical water analysis was conducted by the Environmental Engineering Laboratory (LEA) UFPE campus Caruaru. As the collection of material held on the same day of collection of the microbiological material. As for the physical and chemical quality were analyzed four parameters: pH, temperature, turbidity and dissolved oxygen in the water. The pH average of the total points of 7,97, had an average temperature of 24 ° C, the turbidity of 0.81 NUT and dissolved oxygen 4.8 mg/L, with these parameters according to the Portaria MS nº2.914/2011 of the Ministry of Health - Brasil. In all resulting water samples of the six collection points filamentous fungi have been found free, with an amount of colony forming unit of 486 UFC/100 ml. In the UFC was lower for the point Cist 01 with 17 UFC/100 ml in all four samples. The genera found in the waters stored in the six collections were *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma* and *Cladosporium*. Thus concluding that the water is fit for consumption in relation to physical-chemical analysis in accordance with current law, however there are a lot of pathogen or not filamentous fungi that stored water.

**Key-words:** Water quality, rainfall water, drinking water, law, microrganism.

## **LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

<b>FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO DO ESTADO DE PERNAMBUCO, O AGreste PERNAMBUCANO, O MUNICÍPIO DE CARUARU E FOTOS DO LOCAL DA COLETA EM LAJEDO DO CEDRO – CARUARU – PE.....</b>	<b>16</b>
<b>FIGURA 2 - CISTERNA COM SISTEMA DE LIMPEZA PRIMÁRIA DA ÁGUA..</b>	<b>17</b>
<b>FIGURA 3 - MATERIAIS MONTADOS PARA A REALIZAÇÃO DA FILTRAÇÃO. .....</b>	<b>18</b>
<b>FIGURA 4 - CRESCIMENTO FÚNGICO E PURIFICAÇÃO DAS COLÔNIAS....</b>	<b>19</b>
<b>FIGURA 5 - DEMARCAÇÃO FÍSICA DA REGIÃO SEMIÁRIDA BRASILEIRA.</b>	<b>23</b>
<b>FIGURA 6 - ESPAÇO GEOGRÁFICO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. ....</b>	<b>24</b>
<b>FIGURA 7 - DISTRIBUIÇÃO DAS CISTERNAS NA REGIÃO SEMIÁRIDA BRASILEIRA. .....</b>	<b>27</b>
<b>FIGURA 8 - MODELO DE CISTERNAS DE PLACA DA REGIÃO SEMIÁRIDA BRASILEIRA. .....</b>	<b>28</b>
<b>FIGURA 9 – PLACAS DE PETRI CONTENDO CRESCIMENTO FÚNGICO ORIUNDO DO PROCESSO DE FILTRAÇÃO.....</b>	<b>38</b>
<b>FIGURA 10 - CRESCIMENTO FÚNGICO EM RELAÇÃO À COLETA E A CISTERNA COLETADA.....</b>	<b>40</b>

## **LISTA DE GRÁFICOS**

<b>GRÁFICO 1 - VALORES DE PH DA ÁGUA NAS CISTERNAS DE ACORDO COM O PERÍODO DA COLETA .....</b>	<b>32</b>
<b>GRÁFICO 2 - VALORES DA TEMPERATURA DA ÁGUA NAS CISTERNAS COM RELAÇÃO AO PERÍODO DA COLETA .....</b>	<b>33</b>
<b>GRÁFICO 3 - VALORES DE TURBIDEZ DA ÁGUA NAS CISTERNAS COM RELAÇÃO AO PERÍODO DA COLETA .....</b>	<b>34</b>
<b>GRÁFICO 4 - VALORES DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO NA ÁGUA DAS CISTERNAS EM RELAÇÃO AO PERÍODO DE TEMPO DAS COLETAS .....</b>	<b>35</b>

## **LISTA DE QUADROS**

<b>QUADRO 1 - PARÂMETROS MONITORADOS E LIMITES IMPOSTOS PELA PORTARIA Nº2914/2011 .....</b>	<b>18</b>
---	-----------

## **LISTA DE TABELAS**

<b>TABELA 1 – QUANTIFICAÇÃO DOS FUNGOS FILAMENTOSOS ISOLADOS QUANTO A UFC/100 ML.....</b>	<b>36</b>
<b>TABELA 2 – NÚMERO DE AMOSTRAS FÚNGICAS EM RELAÇÃO À COLETA. ....</b>	<b>38</b>
<b>TABELA 3 – QUANTIFICAÇÃO DOS GÊNEROS FÚNGICOS EM RELAÇÃO À OCORRÊNCIA EM TODAS AS CISTERNAS. ....</b>	<b>39</b>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
1.1	PROBLEMATIZAÇÃO	14
1.2	OBJETIVOS	15
<b>1.2.1</b>	<b>Objetivo geral</b>	<b>15</b>
<b>1.2.2</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>15</b>
1.3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	15
<b>1.3.1</b>	<b>Área de estudo</b>	<b>15</b>
<b>1.3.2</b>	<b>Coleta de material</b>	<b>17</b>
<b>1.3.3</b>	<b>Análise físico-química</b>	<b>17</b>
<b>1.3.4</b>	<b>Isolamento dos fungos filamentosos</b>	<b>18</b>
<b>1.3.5</b>	<b>Quantificação e purificação das colônias</b>	<b>18</b>
<b>1.3.6</b>	<b>Identificação dos fungos filamentosos</b>	<b>19</b>
<b>1.3.7</b>	<b>Meios de cultura</b>	<b>19</b>
1.3.7.1	PGRBA	19
1.3.7.2	Batata-Dextrose-Ágar (BDA)	19
1.3.7.3	Extrato de Malte (MEA)	20
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>21</b>
2.1	ÁGUA	21
2.2	A REGIÃO SEMIÁRIDA BRASILEIRA	23
2.3	AS CISTERNAS	25
2.4	FUNGOS FILAMENTOSOS EM ÁGUA	29
<b>3</b>	<b>ANÁLISE DOS RESULTADOS</b>	<b>32</b>
3.1	QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA	32
<b>3.1.1</b>	<b>Valores de pH</b>	<b>32</b>
<b>3.1.2</b>	<b>Valores de temperatura</b>	<b>33</b>
<b>3.1.3</b>	<b>Valores de turbidez</b>	<b>34</b>
<b>3.1.4</b>	<b>Valores de oxigênio dissolvido</b>	<b>35</b>
3.2	QUANTIFICAÇÃO DOS FUNGOS FILAMENTOSOS	36
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>42</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>43</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A água é o alimento mais fundamental e imprescindível para a sobrevivência dos seres vivos. Com o suprimento de água doce no mundo diminuindo, o volume de água doce superficial fixo, e com o crescimento populacional há menos água disponível por pessoa. Assim a escassez de água é a maior barreira para o desenvolvimento e uma das razões para continuidade da pobreza no mundo (CLARKE & KING, 2004).

No Brasil há uma grande quantidade de água superficial disponível, mas de 80% estão concentrados numa única região, a Norte. O estado de Pernambuco está localizado dentro da região semiárida brasileira e esta região se caracteriza por ter reservas insuficientes de água e taxas negativas de balanço hídrico (ANA, 2012). Com isso, o fornecimento de água potável em quantidade e qualidade requeridas para atender a demanda de abastecimento humano, industrial e agrícola apresenta um enorme desafio ao Estado. A criação de reservatórios, como as cisternas, para captar e armazenar água da chuva vem exatamente para suprir essa necessidade, levando água para o consumo nos períodos de estiagem à população rural da região semiárida pernambucana e brasileira. Essa técnica de captar água de chuva para consumo é milenar, existindo na China há mais de dois mil anos, em que cacimbas e tanques coletavam água de chuva para fornecer água potável. Assim como no México, em que os astecas e maias desenvolveram sua agricultura baseada na captação de água de chuva (WWF - BRASIL, 2006).

O método alternativo de captação e armazenagem da água da chuva em cisternas possui vantagens como garantir água perto de casa sem que os moradores de desloquem longos trechos para adquiri-la, reservatórios vedados para que não ocorram significativas perdas por evaporação, armazena água durante todo o período da seca, desde que a cisterna tenha sido adequadamente construída e armazena água da chuva com qualidade, além de ser simples, barata e de fácil manuseio, destacando-se como alternativa viável de convivência com o semiárido (OLIVEIRA, 2009; PÁDUA, 2013).

Contudo há uma preocupação quanto à qualidade da água armazenada nas cisternas, pois muitas vezes essas águas não provem apenas das chuvas, mas também de carros-pipa por se esgotarem com o seu uso e não ter precipitações pluviométricas suficientes para encher a cisterna. Como é uma água para consumo humano, ela necessita estar adequada aos parâmetros físico-químicos e microbiológicos estabelecidos pelos órgãos competentes. Contudo pesquisas envolvendo água para consumo humano em cisternas só visam à parte bacteriológica e esquecem a presença de fungos. Uma vez que esses já foram isolados em

ar, solo e água, e encontrados em águas superficiais, brutas, reservatórios e sistemas públicos de distribuição de água para consumo, e evidências sugerem que os fungos sobrevivem e se multiplicam nos sistemas de distribuição de água, particularmente em temperaturas mais quentes, ou onde o fluxo é restrito há uma necessidade de verificar também sua presença. Os fungos têm sido bem sucedidos nesse meio por possuírem estratégias metabólicas que lhes permitem sobreviver em ambientes oligotróficos, como água potável. (KINSEY et al. (2003); HAGESKAL et al. (2006), HAGESKAL et al (2009); PEREIRA et al. (2009).

A legislação brasileira, assim como os outros países, possui uma lei de potabilidade para parâmetros físico-químicos e bacteriológicos. No Brasil, essa é exercida pela Portaria MS nº 2.914/2011 que estabelece limites máximos para a potabilidade da água, no entanto não há nenhuma determinação quanto à presença de fungos, nem limite para essas águas quanto a sua presença. Em 2003, Batté e colaboradores relatam que o cloro residual resultante do tratamento de águas, que é usualmente menor que 1 mg Cl<sub>2</sub>/L, é insuficiente para eliminar e remover toda biomassa fúngica em água. Sendo os fungos menos susceptíveis ao tratamento pelo cloro do que as bactérias.

Com base em pesquisas recentes torna-se imprescindível uma análise da qualidade da água em cisternas quanto à presença de fungos, uma vez que se foi relatado à presença deles em outros sistemas de armazenamento de água. Podendo esses causar mudanças de sabor e odor na água, além de produzirem micotoxinas que podem afetar os usuários.

## 1.1 PROBLEMATIZAÇÃO

Devido à falta de parâmetros quantitativos/qualitativos quanto à presença de fungos filamentosos em água armazenada em cisternas, é de vital importância conhecer a micobiota dessas águas, pois pela falta desses parâmetros não existe uma quantidade limítrofe no Brasil nem uma lei específica que fiscalize a contaminação por possíveis fungos. E por ser uma água utilizada para consumo humano, por ficar armazenada por longos períodos e consequentemente sem a devida desinfecção, ela torna-se um viveiro para a formação de possíveis fungos. Assim o presente trabalho é importante quanto ao aspecto de verificar e quantificar os fungos filamentosos em cisternas na região semiárida de Pernambuco.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

Isolar, identificar e determinar a quantificação de fungos filamentosos planctônicos coletados em cisternas no distrito de Lajedo do Cedro, no município de Caruaru – PE.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- a) Quantificar os fungos filamentosos planctônicos na água;
- b) Determinar a qualidade da água existente nas cisternas de acordo com os parâmetros físico-química;
- b) Verificar a presença de fungos filamentosos em todas as cisternas;

## 1.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

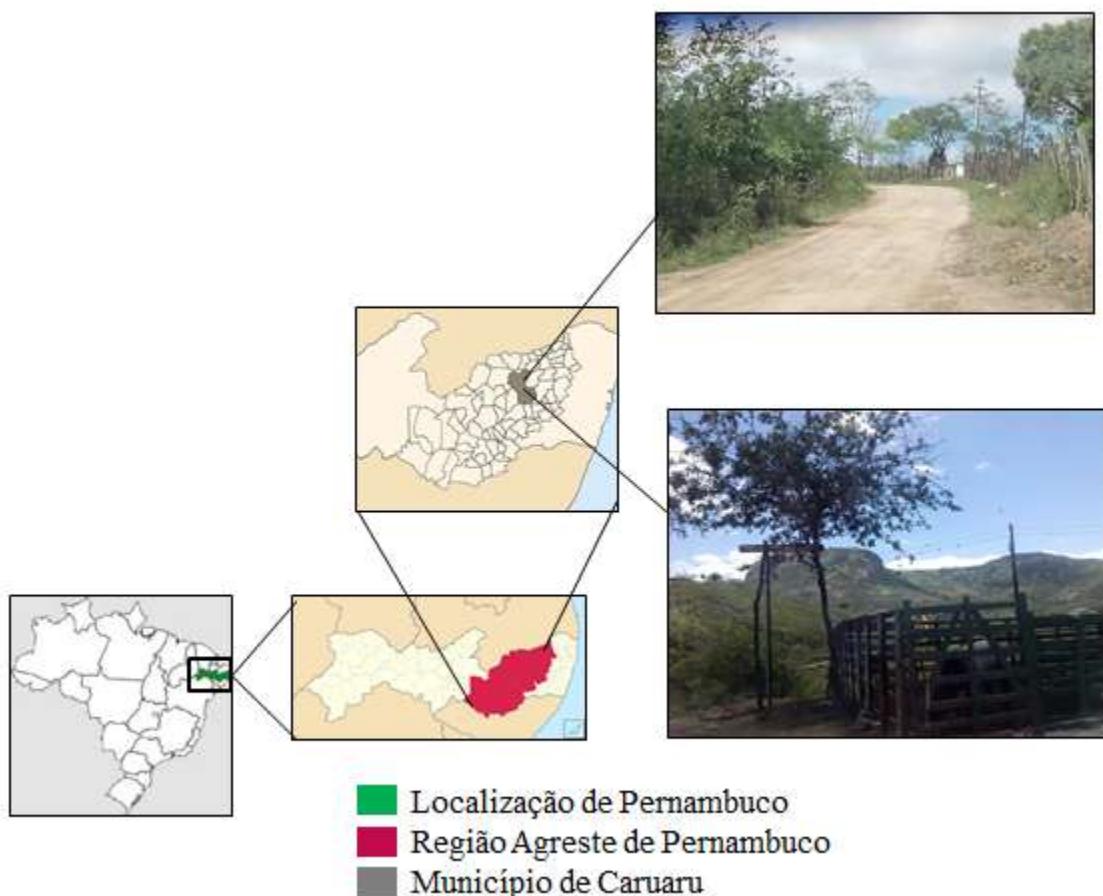
A pesquisa foi realizada em conjunto com o Laboratório de Microbiologia Ambiental e Industrial (LAMAI) do Departamento de Antibióticos da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) *campi* Recife com o Laboratório de Engenharia Ambiental (LEA) do Centro Acadêmico do Agreste (CAA) da UFPE *campi* Caruaru, devido ao LEA realizar e possuir projetos desde 2006 com cisternas e população da área de escolha da coleta, ganhando prêmios junto a órgãos competentes sobre essa iniciativa. A pesquisa foi realizada em três etapas: uma pela coleta de material na zona rural de Caruaru – PE e as outras duas por levar esses materiais aos laboratórios já mencionados.

### 1.3.1 Área de estudo

O estudo foi realizado no distrito de Lajedo do Cedro, região rural, pertencente ao município de Caruaru no estado de Pernambuco. O município de Caruaru está a uma distância de 130 km de Recife, capital do estado. É uma região localizada na unidade Geoambiental da Província de Borborema, na Microrregião do Vale do Ipojuca, Mesorregião do Agreste Pernambucano, estado de Pernambuco. Possui área total estimada de 920.611 km<sup>2</sup>, população de 314.912 habitantes, é um dos cinco municípios mais populosos do semiárido brasileiro e o quarto maior município do Estado. Apresenta clima

tropical do tipo semiárido, com temperatura média anual de 23,7°C e vegetação nativa e predominante do tipo Caatinga e Mata Atlântica (IBGE, 2010; IBGE, 2014). A Figura 1 ilustra o estado de Pernambuco, assim como a Mesorregião do Agreste Pernambucano, o município de Caruaru e juntamente de fotos do distrito de Lajedo do Cedro, onde estão localizadas as cisternas. Pelas fotos percebe-se que a região é rural, com estrada de barro, e vegetação nos dois sentidos da via, há agricultura e pecuária familiar. A água das cisternas segundo os moradores era utilizada para beber, cozinhar, lavar pratos e banheiro. Alguns moradores relatavam que a água era exclusivamente das chuvas, outros que eram água misturada de chuva e carro-pipa e não sabiam a procedência destas. A utilização de carro-pipa é devido à escassez de água e períodos de estiagem hídrica na região, com isso os moradores procuram outras maneiras para obter água durante sua falta.

Figura 1 - Localização do Estado de Pernambuco, o Agreste Pernambucano, o município de Caruaru e fotos do local da coleta em Lajedo do Cedro – Caruaru –PE.



Fonte: Autor, 2016.

### 1.3.2 Coleta de material

As amostras de água de seis cisternas em Caruaru foram coletadas com intervalos de 0, 30, 60, 90 dias, entre os meses de maio a julho de 2014. A água coletada foi armazenada em recipientes de polietileno com capacidade de 1L previamente esterilizados em autoclave a 120°C, durante 20 minutos a 1 atm. As amostras foram acondicionadas em isopor contendo gelo e transportadas ao Laboratório de Microbiologia Ambiental e Industrial do Departamento de Antibióticos da UFPE *campi* Recife para análise. A Figura 2 ilustra uma das cisternas da coleta, em que essa possui um desvio automático (seta) ligado a casa e a cisterna com o intuito de descartar as primeiras águas da chuva provenientes das calhas da casa, pois normalmente essas primeiras águas vem com impurezas para dentro da cisterna. Esse sistema é uma barreira física de proteção sanitária para as cisternas, juntamente com a tampa e o manuseio correto dessas águas.

Figura 2 - Cisterna com sistema de limpeza primária da água.



Fonte: Alves *et al.* (2012).

### 1.3.3 Análise físico-química

Os parâmetros físico-químicos (pH, temperatura, turbidez, oxigênio dissolvido) da água das cisternas foram realizadas pelo Laboratório de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Pernambuco, *campi* Caruaru. A metodologia empregada foi de acordo com o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005). Conforme mostra o Quadro 1 os parâmetros físico-químicos, juntamente com a sua unidade e limites utilizados nesse trabalho.

Quadro 1 - Parâmetros monitorados e limites impostos pela Portaria N°2914/2011.

Parâmetros físico-químicos	Unidade	Limites Portaria N°2914/11
pH	-	6,0-9,0
Turbidez	NTU	5
Oxigênio dissolvido	mg/L	-

Fonte: Autor, 2016.

### 1.3.4 Isolamento dos fungos filamentosos

A análise microbiológica ocorreu pelo isolamento dos fungos filamentosos planctônicos em capela de fluxo laminar, com a utilização do método da membrana filtrante e com o auxílio de bomba a vácuo, conforme ilustra a Figura 3. No qual 100 mL de água foram filtradas em sistema *Manifold* (Microfil Millipore MIAC03P01) com filtros de membrana de éster de celulose de Ø 0,45µm. Posteriormente a membrana foi transferida para placas de Petri contendo o meio de cultura PGRBA e acondicionadas em estufa a 30°C até o crescimento das colônias (24-48h). Sendo esse processo repetido em triplicada, para cada recipiente das amostras de todas as cisternas.

Figura 3 - Materiais montados para a realização da filtração.



Fonte: Autor, 2016.

### 1.3.5 Quantificação e purificação das colônias

Após o crescimento as colônias fúngicas foram contadas para o cálculo de Unidades Formadoras de Colônias (UFC), em seguida transferidas para placas de Petri contendo o meio de cultura Batata-Dextrose-Agar (BDA) e mantidas em estufa a 30°C por até sete dias. Com o crescimento e a posterior verificação da ocorrência de apenas uma

colônia fúngica na placa, ela foi transferida para tubo de ensaio contendo o meio específico e armazenadas em 30°C para conservação e identificação, conforme apresenta a Figura 4. Quando necessário essas colônias foram purificadas ou colocadas em outros meios de cultura, como BDA e extrato de malte (MEA).

Figura 4 - Crescimento fúngico e purificação das colônias.



Fonte: Autor, 2016.

### **1.3.6 Identificação dos fungos filamentosos**

A identificação, preliminar, foi realizada observando-se características macroscópicas das colônias (cor, aspecto, consistência, presença de pigmento, etc.) e características microscópicas (morfologia de estruturas somáticas e reprodutivas), utilizando metodologia e literatura específica (PITT & HOCKING, 1997; BARNET & HUNTER, 1972; SAMSON *et al.*, 2004).

### **1.3.7 Meios de cultura para cultivo dos microrganismos**

#### **1.3.7.1 PGRBA**

Peptona	5 g
Glicose	10 g
Agar	15 g
Rosa Bengala 1%	3,5 mL
Água destilada	1000 mL

#### **1.3.7.2 Batata-Dextrose-Ágar (BDA)**

BDA (Himedia)	39 g
Água destilada	1000 mL

### 1.3.7.3 Extrato de Malte (MEA)

Extrato de malte	20 g
Peptona	1,0 g
Glicose	20 g
Água destilada	1000 mL

Todos os meios de cultura foram acrescidos de antibiótico (Clorafenicol 50 mg/L<sup>-1</sup>) e esterilizados em autoclave a 120°C, durante 20 minutos a 1atm.

## 1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 ÁGUA

A água é o elemento fundamental e imprescindível à sobrevivência dos seres vivos, sem ela não existiria vida no planeta. Ela é considerada um solvente universal, pois ela pode alterar seus aspectos qualitativos, o que a torna um indicador das perdas de materiais e elementos que ocorrem em um determinado local (MENDES & OLIVEIRA, 2004; WHO, 2004).

No planeta há aproximadamente 1.386 milhões de quilômetros cúbicos de água, distribuídos entre oceanos, mares, rios, aquíferos, gelo e vapor d'água. No entanto 97,5% desse volume estão representados por água salgada, ou seja, água imprópria para consumo humano, e somente 2,5% do volume total representa a parcela de água doce no planeta. Contudo desses 2,5% de água doce somente 30,5% estão disponíveis, onde 30,1% pertencem às águas subterrâneas e simplesmente 0,4% encontram-se disponíveis em lagos e rios, em que estão acessíveis para a exploração e uso pelo homem (SHIKLOMANOV, 1997; CLARKE & KING, 2004).

O Brasil está incluído entre os maiores países com reservas hídricas disponíveis de água doce mundial, totalizando 12%. No entanto, por causa das variações de clima, geologia, relevo, vegetação, desenvolvimento econômico e social, assim como a distribuição populacional não há uma igualdade hídrica. Encontrando assim mais de 76% da água doce superficial na Bacia Amazônica na Região Norte do país, totalizando apenas 24% dessas águas disponíveis para o restante das outras Regiões Brasileiras (LIMA *et al.*, 1999; ANA, 2009). Devida a esses aspectos e mesmo com a abundância de água doce no Brasil não há uma distribuição igualitária dessas águas, pois regiões de densidade demográfica alta acabam obtendo pouca água em comparação com as regiões de menor densidade demográfica. Obtendo assim crises de abastecimento de água, onde os órgãos competentes acabam realizando manobras para que a água seja distribuída as áreas com maior índice populacional, como a criação de hidrelétricas e transposição de rios.

Durante séculos a água foi considerada como um recurso de disponibilidade infinita, no entanto as reservas mundiais de água doce disponível são consideradas insuficientes para a demanda populacional e seu crescimento (PHILIPPI JR & MARTINS, 2005). A oferta da água para o abastecimento vem sendo um dos grandes problemas do século XXI, onde áreas superpovoadas estão com dificuldade de abastecimento, assim

como as zonas rurais pertencentes a essas áreas. Dados da UNESCO informam que o uso mundial total de água fresca é estimado em cerca de quatro mil quilômetros cúbicos por ano; porém, mais de um bilhão de pessoas ao redor do mundo não têm acesso à água potável para beber. A OMS indica que em países em desenvolvimento cerca de um quarto dos 4,8 bilhões de pessoas continuam sem acesso a fontes de água adequadas para consumo humano (WHO, 2006; BRITO *et al.*, 2007). Devido ao fato de uma grande demanda mundial principalmente em países em desenvolvimento e em zonas rurais não terem acesso à água, a ONU criou uma ação para conscientizar os governantes a levarem água para a população que não tem acesso a esta.

O fornecimento de água para o consumo humano e sua disponibilidade reflete os contrastes no desenvolvimento das regiões brasileiras. No Brasil, em 2000, dos 9848 distritos, 87,9% são abastecidos por rede geral (tubulações). Dos 1.192 (12,1%) distritos sem rede geral de abastecimento de água, 343 são servidos por chafariz, bica ou mina; 561 por poço particular; 84 por caminhões pipa e 92 dependem de cursos de água. No ano de 2000, a quantidade média de água distribuída para a população atendida por rede de distribuição foi de 260 litros hab dia-1. Mas, essa média variou bastante entre as regiões brasileiras, onde no Sudeste se atingiu 360 litros hab dia-1 enquanto no Nordeste ele chegou a 170 litros hab dia-1, ou seja, menos que a metade da Região Sudeste. Um grande problema observado nas redes de distribuição de água são as perdas, que podem chegar a 40% do volume total de água. Em relação aos sistemas de captação de água utilizado no país, dos 8.646 distritos brasileiros que possuem rede de distribuição de água, 4.236 captam água superficial; 774 usam poço raso e 4.609 têm poço profundo. Já dos 4.236 distritos que captam água superficial, 67,6% consideram que não existe poluição ou contaminação na captação de água, 13,8% afirmam que apresentam problema com contaminação por resíduos de agrotóxicos e 14,4% relatam possuir problema de recebimento de esgotamento sanitário. Além disso, dos 8.656 distritos atendidos por rede de distribuição de água, 69,8% tinham suas águas tratadas e, destes, 5.463 (78,5%) possuem empresas de saneamento que efetuam análises da qualidade da água. Entretanto, apenas 3.721 realizam análises diárias de cloro residual e 727 realizam análise bacteriológica diária. Além disso, quase a totalidade destas análises abrange apenas regiões urbanas, deixando a população rural a mercê das consequências do consumo de água de má qualidade (IBGE, 2002; CASALI, 2008). Com base na distribuição geográfica brasileira a região que mais sofre com a falta de água é o semiárido brasileiro, com uma população predominante rural, e seu clima seco há uma falta constante dessa durante todo o ano.

## 2.2 A REGIÃO SEMIÁRIDA BRASILEIRA

O semiárido brasileiro compreende uma área total de 969.589 km<sup>2</sup>, totalizando ao todo nove estados. Dos quais oito estão localizados na região Nordeste e um na região Sudeste, sendo esses estados Ceará, Rio Grande do Norte, a maior parte da Paraíba e Pernambuco, Sudeste do Piauí, Oeste de Alagoas e Sergipe, região central da Bahia e uma faixa que se estende ao Norte de Minas Gerais (BRASIL, 2005), conforme se observa na Figura 5. O semiárido possui uma população de 22 milhões de habitantes espalhados em 1.133 municípios. No entanto, desses 22 milhões, em torno de oito milhões de pessoas estão localizadas na zona rural (IBGE, 2010).

Figura 5 - Demarcação física da Região Semiárida Brasileira.



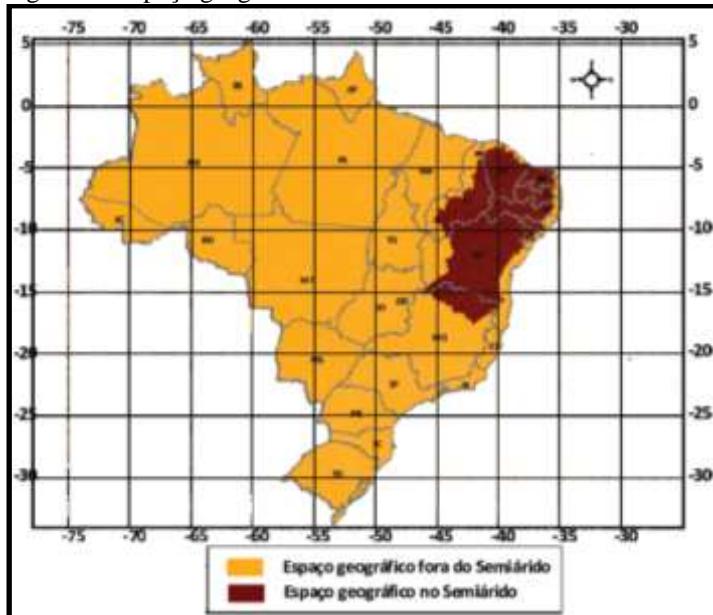
Fonte: Brasil, 2005.

A região semiárida oficial brasileira foi criada pela Lei Federal nº 7.827, de 27 de setembro de 1989 em substituição ao Polígono das Secas. O critério adotado para sua delimitação foi a precipitação pluviométrica media anual inferior a 800 mm ficando a cargo da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) a tarefa de definir

os limites desta região. Contudo atualmente há um grupo de trabalho interministerial, instituído pelo Ministério da Integração Nacional (MI) e pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), responsável pelos critérios adotados para a delimitação desta região (BRASIL, 2005).

No Brasil a região semiárida apresenta-se como uma das maiores do mundo existente em um único país, como ilustra a Figura 6. O semiárido totaliza uma extensão territorial de 980.133,079 km<sup>2</sup>, com 92,97% do território do Rio Grande do Norte está na porção Semiárida, Pernambuco 87,60%, Ceará 86,74%, Paraíba 86,20%, Bahia 69,31%, Piauí 59,41%, Sergipe 50,67%, Alagoas 45,28% e Minas Gerais 17,49%. Porém, considerando a dimensão territorial das grandes regiões, o Nordeste apresenta 56,46% de seu território na porção Semiárida, o Sudeste com 11,09% e o País alcança os 11,53% (INSA, 2012).

Figura 6 - Espaço geográfico do Semiárido brasileiro.



Fonte: INSA, 2012.

O semiárido é caracterizado por elevadas temperaturas, onde o regime pluvial é bastante irregular e algumas vezes há longos períodos secos e chuvas ocasionais concentradas em poucos meses do ano. O déficit hídrico é elevado, uma vez que a quantidade de chuvas é menor do que a água que evapora da superfície. Sendo assim, a quantidade de água que evapora é três vezes maior que a quantidade de chuva que cai. A precipitação pluviométrica média anual dessa região é inferior a 800 mm, com índice de aridez de até 0,5 e temperatura média anual em torno de 26°C, no entanto algumas áreas podem alcançar temperaturas maiores que 33°C (INSA, 2012; IBGE, 2010).

O semiárido não constitui um espaço homogêneo, tampouco desértico ou impróprio à vida, pelo contrário, apresenta alta diversidade ecológica e possui ricos recursos naturais. A Caatinga é o ecossistema predominante nessa região, cuja flora é composta por árvores e arbustos caracterizados pela rusticidade, tolerância e adaptação às condições climáticas da região. O nome “Caatinga” é de origem tupi-guarani e significa “floresta branca”, que certamente caracteriza bem o aspecto da vegetação na estação seca, quando as folhas caem e apenas os troncos brancos e brilhosos das árvores e arbustos permanecem na paisagem seca. Entre os biomas brasileiros, é o único que apresenta distribuição geográfica restrita ao território nacional, porém sempre foi visto como espaço pouco importante, sem prioridade e sem necessidade de conservação (ALBUQUERQUE & BANDEIRA, 1995; BRASIL, 2005).

A região semiárida abrange 87% do Estado de Pernambuco, inicia-se no sentido leste-oeste da região agreste do Estado, onde há diminuição de pluviosidade. O clima típico dessa região manifesta-se de forma diferenciada entre sua porção leste, onde o agreste faz divisa com a zona da mata e sua porção oeste abrangendo o sertão. A porção leste é mais úmida que a porção oeste (Sertão), onde se encontra clima ainda mais seco e temperaturas mais elevadas (DRUMOND *et al.*, 2004; SAMPAIO *et al.*, 2005; MAIA, 2004).

A ausência, escassez, irregularidade e má distribuição das precipitações pluviométricas na estação chuvosa, a intensa evaporação durante o período de estiagem e o elevado escoamento superficial das águas conjuga-se para conformar uma acentuada deficiência hídrica. O acesso à água em quantidade, qualidade e regularidade pela população rural constitui um importante fator limitante da sustentabilidade da vida no semiárido (BRASIL, 2005). Com essa deficiência de água, os governantes responsáveis acabaram criando um programa que iria levar a população rural do semiárido água suficiente à sua sobrevivência nos períodos de estiagem. O programa um milhão de cisternas trouxe para essas pessoas a possibilidade de captação de água da chuva, durante as escassas precipitações, seu armazenamento e posteriormente seu consumo.

## 2.3 AS CISTERNAS

A escassez de água representa importante entrave no desenvolvimento social e econômico das populações rurais e dentre elas as do semiárido do Nordeste do Brasil. Indicadores de desenvolvimento sustentável mostram que da área rural nordestina, apenas

22,7% da população tem acesso ao fornecimento de água por sistemas de abastecimento coletivo e 58% coleta água para beber e para o uso diário de poços, nascentes e açudes (BRASIL, 2004).

A captação e o armazenamento de água pluvial em cisternas individuais tornam-se uma solução viável para estocar a água de chuva para uso durante o período de estiagem que assola a região. Esta prática começou a ser difundida em larga escala na região ao final do século XX, com as ações do Centro de Pesquisa do Trópico Semiárido (CPATSA), datada de 1979, que desenvolveram cisternas com capacidade de até 100 m<sup>3</sup>, usando como área de captação o próprio solo que podia ser revestido com material impermeável para melhorar o escoamento e evitar arrastar a sujeira do solo. Essas cisternas eram dotadas de filtros e bomba manual para retirada da água (EMBRAPA, 1984).

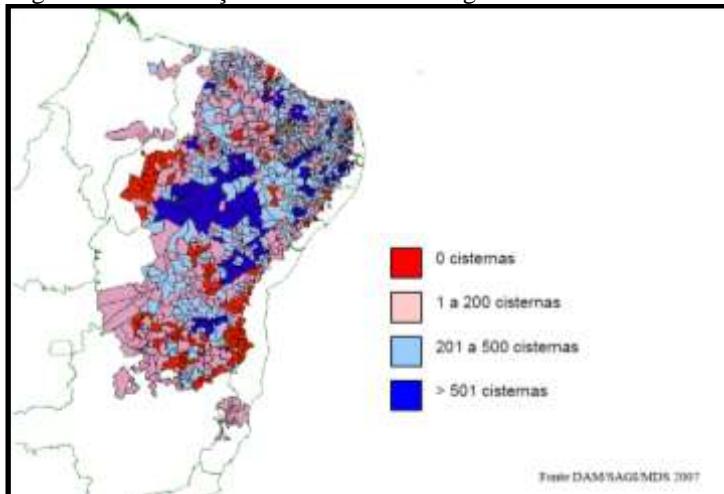
A disseminação de cisternas rurais no semiárido foi fortalecida a partir de 1999, quando foi criada a Articulação Semiárido Brasileira - ASA, durante a 3<sup>a</sup> Conferência de Combate à Desertificação e à Seca, em Recife. Na ocasião, a sociedade civil organizada e atuante no semiárido, reproduzindo a experiência da RIO-92, promoveu o Fórum Paralelo da Sociedade Civil. A ASA teve um papel decisivo na coordenação desse processo, consolidando-se como espaço de articulação política da sociedade civil, em fevereiro de 2000. A base de sua constituição é a Declaração do Semiárido, documento que sintetiza as percepções dos grupos participantes da ASA em torno da região (ASA, 2009).

A ASA é um fórum de organizações da sociedade civil, que reúne cerca de 750 entidades, entre sindicatos de trabalhadores rurais, associações de agricultores, cooperativas de produção, igrejas, entre outras, que trabalham para o desenvolvimento social, econômico, político e cultural da região semiárida. O Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC) foi criado por organizações da sociedade civil agregadas à ASA com o objetivo de construir um milhão de cisternas em cinco anos, a partir de 2001. Em 2003, o P1MC foi incluído na política governamental do Programa Fome Zero, tendo como fontes de recursos o Governo Federal, a Organização das Nações Unidas (ONU), a Federação Brasileira de Bancos (FEBRABAN) e várias organizações estrangeiras. Para viabilizar a assinatura de termo de parceria com o Governo Federal, a ASA criou a Oscip Associação Programa Um Milhão de Cisternas (AP1MC). As atividades da AP1MC desenvolvem-se em diferentes instâncias. A estrutura desdobra-se em representações estaduais, que se dividem, por sua vez, em Unidades de Gestão Microrregionais (UGMs). Também participam do processo diversas entidades, como: associações, paróquias, grupos de

trabalhadores, entre outras, que passaram a ser denominadas Unidades Executoras Locais (UEL) (ANA, 2009; XAVIER, 2010).

A construção de cisternas inicialmente realizada a partir de um convênio entre a ASA e o Ministério do Meio Ambiente, em 2001, permitiu desenvolver um projeto piloto para a construção de 500 cisternas. Posteriormente, a Agência Nacional de Águas (ANA) financiou o equivalente a 12.400 cisternas, cujos recursos somados às contrapartidas resultaram na construção de 12.750 cisternas. Em meados de 2003, a ASA estabeleceu uma parceria com o Ministério Especial de Segurança Alimentar (MESA), que neste mesmo ano financiou 17.140 cisternas. Em 2004 o Ministério do Desenvolvimento Social – MDS instituiu a Ação "Construção de Cisternas Para Armazenamento de Água" no âmbito do "Programa de Construção de Cisternas e Capacitação para Convivência com o Semiárido". O Programa Cisternas do MDS estabeleceu como público alvo, as famílias rurais do semiárido brasileiro com perfil de elegibilidade ao Programa Bolsa Família, e por meio de termo de parceria com a ASA e convênios com governos estaduais e municipais, vêm apoiando a construção de cisternas familiares, a mobilização e capacitação de famílias rurais do semiárido para a gestão de recursos hídricos. Em dezembro de 2006 os dados da SESAN contabilizavam um total de 270.100 famílias beneficiadas com cisternas construídas por diversas iniciativas. Destas famílias, 150.418, 56% do total, foram beneficiadas com recursos do MDS, sendo 134.822 pelo termo de parceria com a ASA, 14.572 por convênios com governos estaduais e 1024 com governos municipais. O estado com maior distribuição de cisterna é a Bahia (28%), em seguida Paraíba (19%) e Pernambuco (15%), na ilustração da Figura 7 temos uma ideia da quantidade de cisternas nos estados do semiárido (BRASIL/SESAN/MDS, 2006).

Figura 7 - Distribuição das cisternas na Região Semiárida Brasileira.



Fonte: BRASIL, 2007.

A cisterna de placa, ilustrada na Figura 8, tem capacidade de armazenamento de 16 mil litros de água, suficiente para atender uma família de cinco pessoas em um período de estiagem de até 240 dias. A água que irá para dentro da cisterna é captada por calhas instaladas nos telhados das casas do morador, em que essa água é transportada através de um cano PVC para dentro da cisterna (BRITO *et al.*, 2007; ANA, 2009).

O grande problema debatido é a qualidade água armazenada nas cisternas durante grandes períodos de tempo e sem o devido cuidado durante o seu manejo (captação, retirada e armazenamento).

Figura 8 - Modelo de cisternas de placa da Região Semiárida Brasileira.



Fonte: Autor, 2016.

Segundo Andrade Neto (2004) a proteção sanitária de cisternas rurais para abastecimento doméstico é relativamente simples, requerendo de cuidados com o desvio das primeiras águas das chuvas, da proteção e higiene da cisterna e evitando o contato direto da água com a pessoa que a extraí da cisterna, sendo melhor efetuar sua retirada com tubulação ou bomba. Ainda, é importante estimular, através de Educação Ambiental e de práticas para a saúde, a aplicação de um método simples e barato de desinfecção da água antes de seu consumo. Necessitando assim não apenas a instalação das cisternas pelos governos, mas um programa de conscientização da população rural do perigo do manejo incorreto nestas, para evitar a contaminação da água.

A UNICEF (2008) considera que o tanque para armazenamento de água pluvial é uma categoria especial de recipiente de armazenamento de água em casa. O fato de a água estar armazenada em tanque de água pluvial significa que podem existir vias de contaminação potencial (rachaduras, difícil limpeza, manejo) e, por estar localizado fora da residência,

muitas vezes é mais propenso à contaminação por animais e insetos. Longo tempo de armazenamento pode causar problemas de qualidade, incluindo o crescimento de algas (se não protegida da luz) e larvas do mosquito.

De acordo com o Ministério da Saúde portaria MS Nº 518/2004, Água potável é definida como aquela “Água para consumo humano cujos parâmetros microbiológicos, físico-químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde” (BRASIL, 2005a). Assim muitos estudos têm sido realizados para a verificação da qualidade da água nessas cisternas, levando a informação aos governantes e esperando um melhoramento desse programa e conscientização da população.

## 2.4 FUNGOS FILAMENTOSOS EM ÁGUA

A presença de fungos em água potável e em sistemas de distribuição desse tipo de água tem recebido atenção pelo fato desses microrganismos causarem modificações na água e problemas de saúde, além da contaminação de alimentos (DOGGETT, 2000).

De acordo com Bays *et al.* (1970), Burman (1965), Metzger *et al.* (1976) *apud* Hageskal *et al.* (2009) a presença de fungos em água potável parece ter sido detectado entre 1960 e 1970, devido a modificações organolépticas e relatos de saúde causada por água contaminada. As análises dessas águas foram para investigar a possível presença de actinomicetos ou cianobactérias, que já eram conhecidos por serem capazes de causar problemas em água potável. Contudo quantidades significativas de microfungos foram também recuperadas das amostras da água, levando a possíveis especulações sobre se esses seriam os micro-organismos causadores dos problemas. Nas décadas de 1980 e 1990, mais casos envolvendo água potável contaminada por fungos foram relatados na Finlândia e Suécia, em outros países ocorreram diversas investigações nesse ambiente devido à descoberta desses problemas (HAGESKAL *et al.*, 2009; ÅSLUND, 1984; MUITTARI *et al.*, 1980).

Kikuchi *et al.* (1981) e Paterson *et al.* (2007) propõem que os fungos podem produzir compostos que em associação a outros compostos podem alterar o odor e sabor da água, como por exemplo, o fungo *Chaetomium globosum* que produz uma substância chamada geosmina. Essa ao se associar a outro composto na água potável provoca mudanças de sabor e odor.

Com os resultados de diversos estudos foi possível detectar a presença de fungos filamentosos em diversas fontes de água. Paterson *et al.* (2006) isolaram fungos

filamentosos a partir de água da torneira e de uma estação de distribuição portuguesa. Nesse estudo os autores encontraram diversos fungos filamentosos pertencentes aos gêneros *Acremonium*, *Aspergillus* e *Penicillium*. A nível de espécie foi possível detectar *Penicillium expansum* e *P. brevicompactum*.

Hageskal *et al.* (2006), determinaram a ocorrência de fungos em água subterrâneas, superficiais derivadas de sistemas de distribuição de água, e águas coletadas de torneiras de um edifício residencial e um hospital na Noruega. Foram coletadas 273 amostras de água, destas amostras 94 culturas diferentes foram identificadas pertencentes a 30 gêneros. A micobiota dominante foi dos gêneros *Aspergillus*, *Penicillium* e *Trichoderma*, porém ainda foram encontrados os gêneros *Absidia*, *Acremonium*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Mucor*, *Paecilomyces*, *Phoma*, *Verticillium*, entre outros.

Em 2009, Hageskal *et al.*, informaram a presença de fungos em todos os tipos de água, desde águas brutas a tratadas, de poluídas a destiladas, além de água mineral engarrafada.

Leal *et al.* (2010) constataram a presença de 195 culturas de fungos filamentosos em água de bebedouros do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Pernambuco, Brasil. Essas 195 culturas pertenciam aos gêneros *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Cunninghamella*, *Curvularia*, *Mucor*, *Paecilomyces*, *Penicillium*, *Trichoderma* e *Pithomyces*.

Avaliando a qualidade microbiológica da água em bebedouros da Universidade Federal dos Vales de Jequitinhonha e Mucuri, Minas Gerais, Brasil, Dantas *et al.* (2010), averiguaram que das 14 amostras coletadas, 9 continham fungos.

Sammon *et al.* (2010) avaliaram a incidência e a distribuição de fungos em um sistema de distribuição de água na Austrália, os autores verificaram um total de 62 gêneros de fungos filamentosos, prevalecendo os gêneros *Cladosporium*, *Penicillium*, *Aspergillus* e *Fusarium*, no entanto gêneros como *Pithomyces*, *Alternaria* e *Paecilomyces* também foram detectados. Esse resultado também foram encontrados por Sossegolo *et al.* (2011) que relataram a ocorrência de fungos pertencentes aos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium* presentes em água potável de sistema de distribuição pública em Santa Maria, Rio Grande do Sul.

Faia (2011) também relata a presença de 15 gêneros de fungos filamentosos presentes em diversas amostras a partir da análise da água em uma rede de distribuição e em torneiras de um edifício residencial. Os gêneros mais encontrados foram *Cladosporium* e *Fusarium*.

Além desses sistemas de distribuição de água e bebedouros, Arvanitidou *et al.* (2000) expõem a presença de fungos filamentosos em centros de hemodiálise na Grécia, onde os principais gêneros encontrados foram *Aspergillus*, *Penicillium* e *Verticillium*.

Avaliando a qualidade microbiológica da água em equipamentos laboratoriais (purificadores e destiladores), Carvalho *et al.* (2012), constataram a presença de fungos filamentosos e leveduras nesses equipamentos.

Bermejo (2012) analisando a presença de fungos em 25 reservatórios de água e em equipamentos odontológicos da Faculdade de Odontologia de Bauru, São Paulo, Brasil. O autor relatou a presença de fungos em 22 reservatórios, desses foram isoladas 43 colônias das quais 41 eram fungos filamentosos e dois leveduriformes. Os fungos filamentosos foram identificados como pertencentes aos gêneros: *Acremonium*, *Cladosporium*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Verticillium*, entre outros. O gênero predominante, em 36% dos reservatórios avaliados, foi *Penicillium*.

Os pesquisadores Paterson & Lima (2005) explanam que os fungos filamentosos causam o bloqueio das tubulações em sistemas de distribuição pública, além de deterioração organoléptica (odor, sabor, cor), produzem pigmentos e micotoxinas, e são fontes de potenciais patógenos causadores de alergias e infecções.

Devido ao fato de fungos filamentosos crescerem podendo formando biofilme, estes se tornam uma comunidade complexa com altos índices de resistência a biocidas, antifúngicos, além de estarem em constante produção de enzimas, micotoxinas para melhor se defenderem do meio em que vivem.

## 2. ANÁLISE DOS RESULTADOS

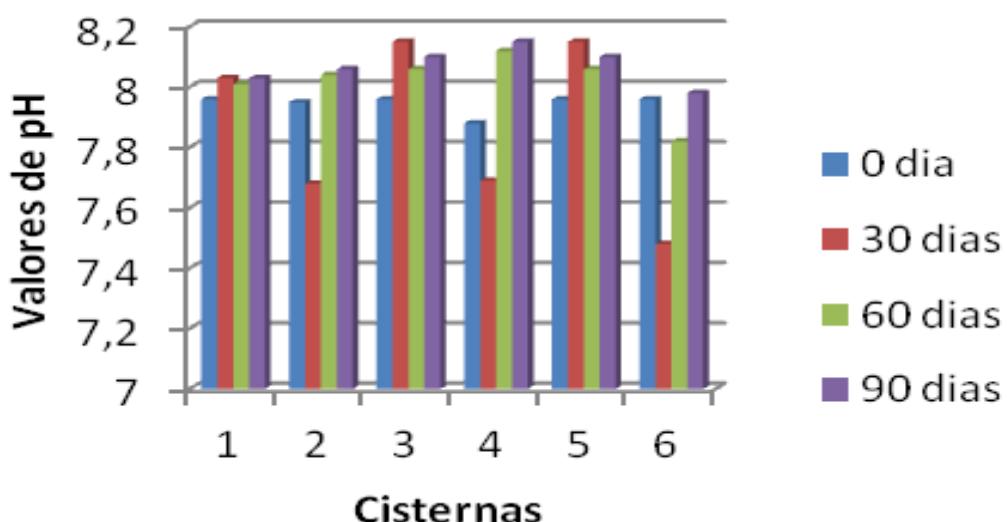
### 3.1 QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA

#### 3.1.1 Valores de pH

O pH variou entre 7,48 e 8,15, com média aritmética de 7,97. Os resultados indicam que a água dentro da cisterna manteve-se em todo o experimento na faixa alcalina.

Observe o Gráfico 1,

Gráfico 1 - Valores de pH da água nas cisternas de acordo com o período da coleta.



Fonte: Autor, 2016.

Na primeira coleta as cisternas 01, 03, 05 e 06 tiveram o mesmo valor de pH de 7,96. O menor valor de pH durante todo o experimento ocorreu para a cisterna 06 na segunda coleta com 30 dias com valor de 7,48. O maior valor foi obtido para as cisternas 03 e 05 com valor de 8,15, na segunda coleta com 30 dias e na 04, na quarta coleta com 90 dias. As cisternas 03 e 05 apresentaram a mesma média do pH 8,06.

De acordo com a norma da potabilidade brasileira recomenda que o pH para água de consumo humano esteja na faixa entre 6 e 9,5 (Portaria MS nº2.914/2011). Então com base nessa portaria a água da cisterna está dentro dos padrões, para este parâmetro.

Brito *et al.* (2005) analisando água de 60 cisternas na região de Petrolina, no período de 22/11 a 03/12 de 2004, obtiveram valor médio de pH de 7,67. Esses mesmos resultados foram obtidos por Silva (2006), analisando 16 cisternas no semiárido de Minas Gerais, observou valor médio de pH em torno de 8,3 para águas de cisternas novas e antigas.

Em 2014, Carvalho & Silva relatam que verificando a qualidade físico-química da água de cisternas, no Município de Cuité-PB, encontraram valores de pH de 7,71 a 8,64, variação semelhante encontrada nas cisternas de Caruaru.

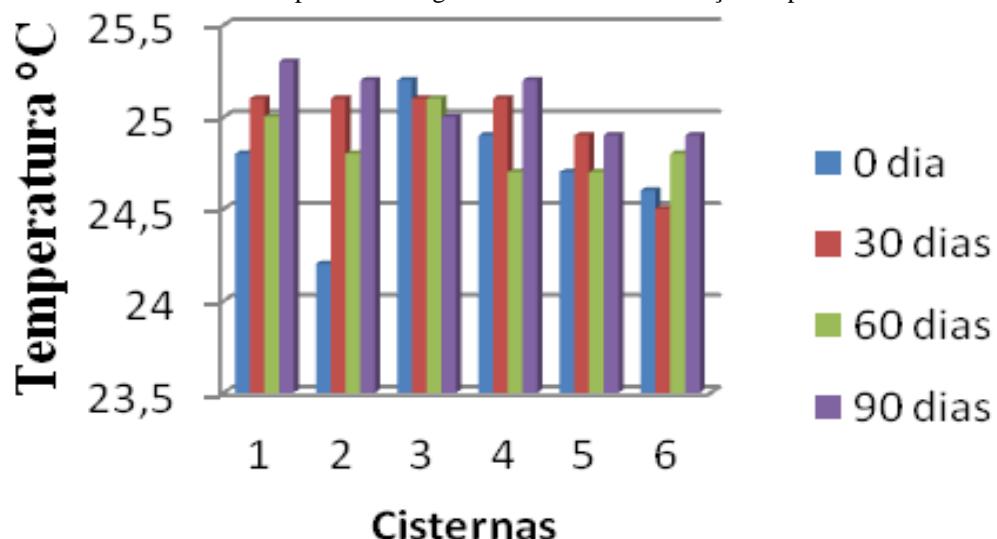
Os resultados apresentados no experimento corroboram com as dos pesquisadores citados, no qual a água alcalina está presente nas cisternas de mais de uma microrregião do semiárido brasileiro.

### 3.1.2 Valores de temperatura

Os resultados obtidos indicam que a temperatura da água nas cisternas oscilou entre mínima de 24,2°C e máxima de 25,3°C.

Observe o Gráfico 2,

Gráfico 2 - Valores da temperatura da água nas cisternas com relação ao período da coleta.



Fonte: Autor, 2016.

A cisterna 01 obteve a maior temperatura durante o experimento, com valor de 25,3°C na quarta coleta (90 dias) e as cisternas 02 e 04 apresentaram valores estatisticamente semelhantes 25,2°C no mesmo período da coleta. A temperatura mínima ocorreu na cisterna 02 na primeira coleta com valor de 24,2°C na primeira coleta.

Palhares & Guidoni (2012) analisando a qualidade da água em uma cisterna no oeste Catarinense, no período de novembro de 2008 a maio de 2010, verificou que a média da temperatura da água foi de 20,5°C. Esse resultado difere do encontrado nesse experimento com média de 24,8°C, no entanto a diferença pode-se ser explicada devido ao clima distinto entre as duas regiões. Sendo a região Sul do país com clima temperado e o

Nordeste com um clima tropical úmido ou tropical semiárido característico do semiárido brasileiro.

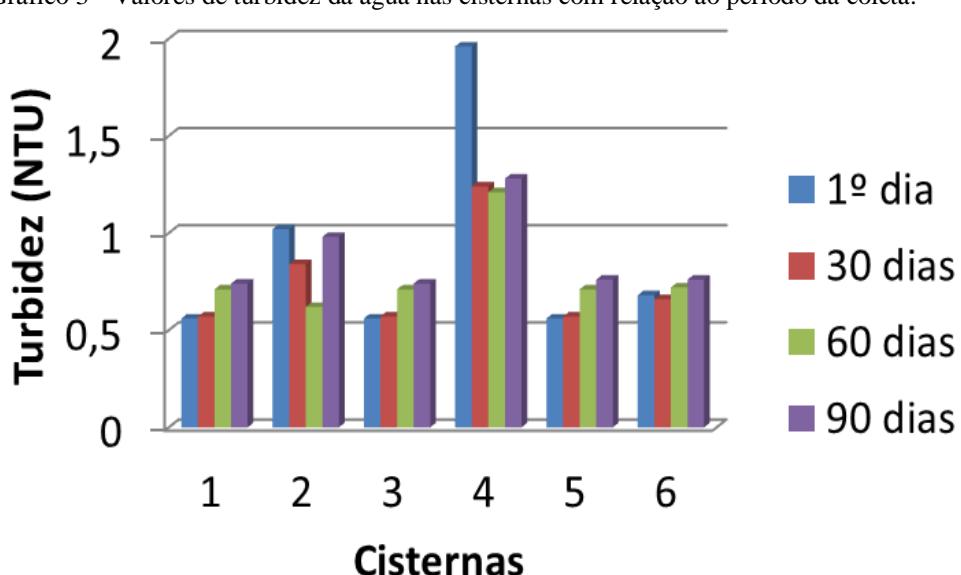
O Ministério da Saúde não coloca a temperatura como uma característica de potabilidade, entretanto dependendo da temperatura da água vários micro-organismos podem se desenvolver, mudando a qualidade organoléptica da água, além de disseminar doenças.

### 3.1.3 Valores de turbidez

A turbidez encontrada na água das cisternas variou entre 0,56 e 1,96 NTU, ao longo do experimento, com média de 0,81 NTU.

Observe o Gráfico 3,

Gráfico 3 - Valores de turbidez da água nas cisternas com relação ao período da coleta.



Fonte: Autor, 2016.

A cisterna 04 apresentou os maiores valores de turbidez em relação a todo período de coleta com turbidez igual a 1,96 NTU, 1,2 NTU, 1,21 NTU e 1,28 NTU. Divergindo em relação às outras cisternas que apresentaram valores inferiores a 1 NTU.

As cisternas 01, 03, 05 e 06 apresentam um mesmo perfil de turbidez, possivelmente, em função de possuírem o sistema de limpeza primária, que os moradores utilizam quando há a primeira precipitação pluviométrica do período. Valores de turbidez elevados estão associados aos sólidos acumulados no telhado, procedente de poeira, pólen, fezes de

animais e restos de plantas, que durante as chuvas são levadas às cisternas essas sujeiras acumuladas no telhado.

O Ministério da Saúde propõe que a turbidez máxima encontrada em água para consumo humano seja 5 NTU (Portaria MS nº2.914/2011), com base nesse dado a água da cisterna nos seis pontos se enquadram nessa diretriz. Entretanto, os sólidos suspensos podem ser utilizados pelos fungos filamentosos e outros microrganismos como nutrientes para crescimento e produção de toxinas, deixando a água imprópria para o consumo humano.

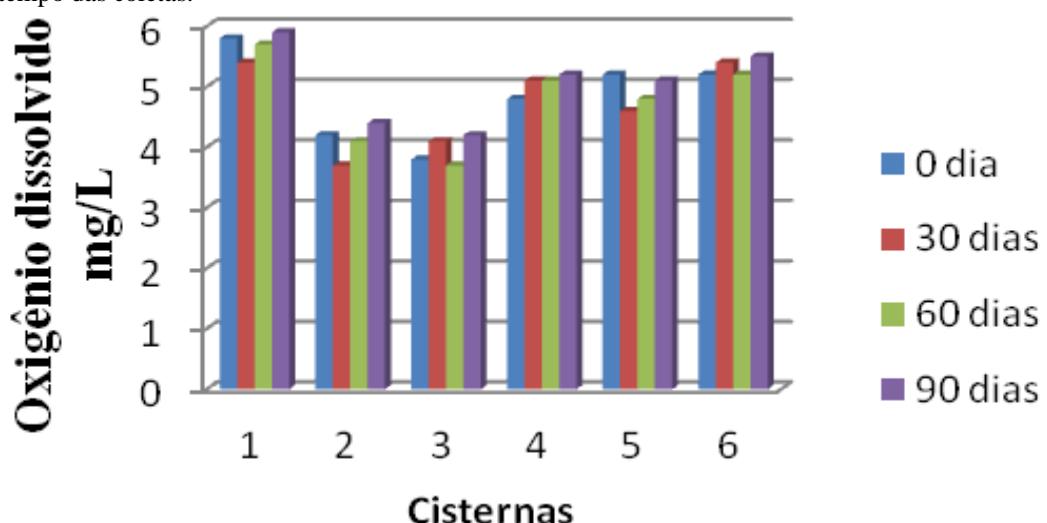
Amorim & Porto (2001) avaliaram a qualidade da água quanto à turbidez, cor aparente e bacteriológica em 14 cisternas da região de Petrolina – PE, com exceção de duas cisternas que alcançaram valores acima de 30 NTU. O relato dos autores (para 12 cisternas) corrobora com os resultados encontrados nas cisternas do município de Caruaru no período do ensaio.

### 3.1.4 Valores de oxigênio dissolvido

A medida da quantidade de gás oxigênio na água das cisternas variou entre 3,8 e 5,9 mg/L. A cisterna 01 apresentou os maiores valores de oxigênio dissolvido em relação as outras cisternas.

Observe o Gráfico 4,

Gráfico 4 - Valores de oxigênio dissolvido na água das cisternas em relação ao período de tempo das coletas.



Fonte: Autor, 2016.

Em comparação aos valores de oxigênio dissolvidos nas seis cisternas, as 02 e 03 obtiveram menores valores em relação às 04, 05 e 06. Nas cisternas 02 e 03 os valores foram semelhantes em todas as coletas, com média de 4,1 e 3,9 mg/L, respectivamente, em comparação com as 04, 05 e 06 que obtiveram médias acima de 4,9 mg/L.

Palhares & Guidoni (2012) analisando a qualidade da água em uma cisterna no oeste Catarinense, no período de novembro de 2008 a maio de 2010, conseguiram valores acima de 4 mg/L. Esse resultado são semelhantes aos encontrados nas cisternas 02 e 03 do Município de Caruaru.

O Ministério da Saúde (MS) não possui parâmetros de potabilidade para o oxigênio dissolvido, no entanto a Resolução nº. 357 para águas doces Classe 1 do MS, estipula que os valores sejam acima de 6 mg/L. Essa classificação se refere para abastecimento doméstico depois de um tratamento simples, mas elas podem ser destinadas a irrigação de hortaliças e frutas e espécies destinadas a alimentação humana. Comparando os resultados obtidos com essa resolução, uma vez que a água das cisternas são utilizadas para a agricultura familiar de muitas famílias rurais, esses não se enquadram devido ao fato de todas as médias terem sido inferiores a 3,9 mg/L.

### 3.2 QUANTIFICAÇÃO DOS FUNGOS FILAMENTOSOS

A quantificação dos fungos filamentosos em relação à UFC/100 mL nos diferentes pontos de coletas está representada na Tabela 1.

Tabela 1 - Quantificação dos fungos filamentosos isolados quanto a UFC/100 mL.

Coleta	Cisternas						Total/coleta
	1	2	3	4	5	6	
1 (0 dias)	14	12	13	13	12	12	76
2 (30 dias)	15	18	24	10	13	15	95
3 (60 dias)	17	22	23	18	19	17	116
4 (90 dias)	20	26	27	54	37	35	199
<b>Total/ponto</b>	<b>66</b>	<b>78</b>	<b>87</b>	<b>95</b>	<b>81</b>	<b>79</b>	<b>486</b>
<b>*Média</b>	<b>17</b>	<b>20</b>	<b>22</b>	<b>24</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>122</b>

\*Média aritmética

Fonte: Autor, 2016.

Os fungos filamentosos ocorreram em todas as amostras coletadas e em todos os meses, resultados já relatados em amostras de água potável em outros tipos de

reservatórios (GÖTTLICH *et al.*, 2002; GONÇALVES *et al.*, 2006; YAMAGUCHI *et al.*, 2007).

A maior ocorrência de fungos filamentosos foi verificada à cisterna 04, na coleta 04 (90 dias de coleta) com o valor de 54 UFC/100 mL, no entanto esse mesmo ponto obteve a menor ocorrência com valor de 10 UFC/100 mL, na segunda coleta (30 dias de coleta). A diferença da quantidade de fungos filamentosos ocorrido pode ser devido à ocorrência de precipitações no mês da coleta, onde os moradores informaram que durante a noite estava ocorrendo pequenas precipitações. Assim pode ocorrer o aumento do número de fungos filamentos com 90 dias de coleta.

As cisternas 02, 05 e 06 obtiveram a menor quantificação de fungos filamentosos com valores iguais a 12 UFC/100 mL na primeira coleta do experimento, nessa primeira coleta a maior quantificação ocorreu à cisterna 01 com valor de 14 UFC/100 mL, no entanto para essa mesma cisterna sucedeu o menor total de UFC/100 mL com valor de 66 UFC/100 mL e menor média no valor de 17 UFC/100 mL.

Na segunda coleta do experimento a maior quantificação se deu a cisterna 03, com valor de 24 UFC/100 mL, bem diferente das demais que ficaram com valores abaixo de 20, obtendo a cisterna 04 valor de 10 UFC/100 mL, a 05 com 13 UFC/100 mL, a cisterna 01 e 06 com o mesmo valor de 15 UFC/100 mL, e a cisterna 02 com 18 UFC/100 mL.

Na terceira coleta, 60 dias, o menor valor aconteceu para as cisternas 01 e 06 com valores iguais a 17 UFC/100 mL e a maior a cisterna 03 com 23 UFC/100 mL. A coleta com valores mais altos foi a coleta 04 com valores acima de 20 UFC/100 mL, com uma quantificação muito mais alta em relação as outras cisternas para a cisterna 04. Mas não somente a essa coleta que a cisterna 04 obteve maior, mas também quanto a quantificação total em relação ao ponto com o valor de 95 UFC/100 mL.

A maior quantificação total por coleta ocorreu para a coleta 04, com 90 dias, com valor de 199 UFC/100 mL, sendo a menor a coleta 01 com 76 UFC/100 mL. A quantificação total para todo o experimento ficou no valor de 486 UFC/100 mL.

Em relação à média da quantificação, o experimento teve média de 122 UFC/100 mL, onde a maior média ficou para a cisterna 04 com valor médio de 24 UFC/100 mL e a menor à cisterna 01 com média de 17 UFC/100 mL. No entanto vale ressaltar que três cisternas ficaram com médias iguais, as cisternas 02, 05 e 06 com média de 20 UFC/100 mL.

Segundo Hageskal *et al.* (2009) estudos sobre a ocorrência de fungos em água para consumo apresentam resultados positivos em amostras e com grande variação entre elas. Com isso os resultados obtidos se enquadram nesse aspecto.

O total de unidades formadoras de colônias por coleta em todos os pontos estudados foi de 486 UFC/100 mL, com a coleta quatro a de maior quantificação de fungos filamentosos presentes nas cisternas. Com a menor 76 UFC/100 mL na coleta do primeiro dia. Esses resultados podem ser relacionados com a variação de pH, temperatura, turbidez e oxigênio dissolvido verificando a quantidade de crescimento fúngico, uma vez que esses parâmetros ajudam no desenvolvimento e crescimento dos fungos. Além do pH e temperatura, a turbidez influencia pois com a presença de partículas em suspensão na água há um maior desenvolvimento dos fungos filamentosos, uma vez que esses necessitam de substratos para se desenvolver (CÔRTE-REAL *et al.*, 2010).

Foram contabilizados um total de 1455 fungos filamentosos isolados da água em todas as quatro coletas e em todas as seis cisternas, do processo de filtração feita em triplicata. Como ilustra a Figura 9, a contagem ocorreu em cada uma dessas placas após o crescimento fúngico do processo de filtração. Na Tabela 02, verifica a ocorrência desses fungos em todas as coletas.

Figura 9 – Placas de Petri contendo crescimento fúngico oriundo do processo de filtração.



Fonte: Autor, 2016.

Tabela 2 – Número de amostras fúngicas em relação à coleta.

Coleta	Nº de amostras
1 (0 dias)	229
2 (30 dias)	284
3 (60 dias)	347
4 (90 dias)	595
<b>Total</b>	<b>1455</b>

Fonte: Autor, 2016.

A coleta com mais amostras sucedeu para a coleta 4, com 90 dias depois da primeira coleta, com o valor de 595 amostras. No entanto, o menor número de amostras ocorreu para a coleta 1 com valor de 229. Verificando que houve um crescimento significativo entre essas coletas, com uma diferença de 366 entre a primeira coleta e a última.

Em todas as amostras houve a presença de fungos filamentosos, sendo os gêneros mais encontrados: *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma* e *Cladosporium*. Mas ocorreram também *Alternaria*, *Curvularia* e *Fusarium*, como demonstrado na Tabela 3 os gêneros fúngicos em relação com as cisternas.

Tabela 3 – Quantificação dos gêneros fúngicos em relação à ocorrência em todas as cisternas.

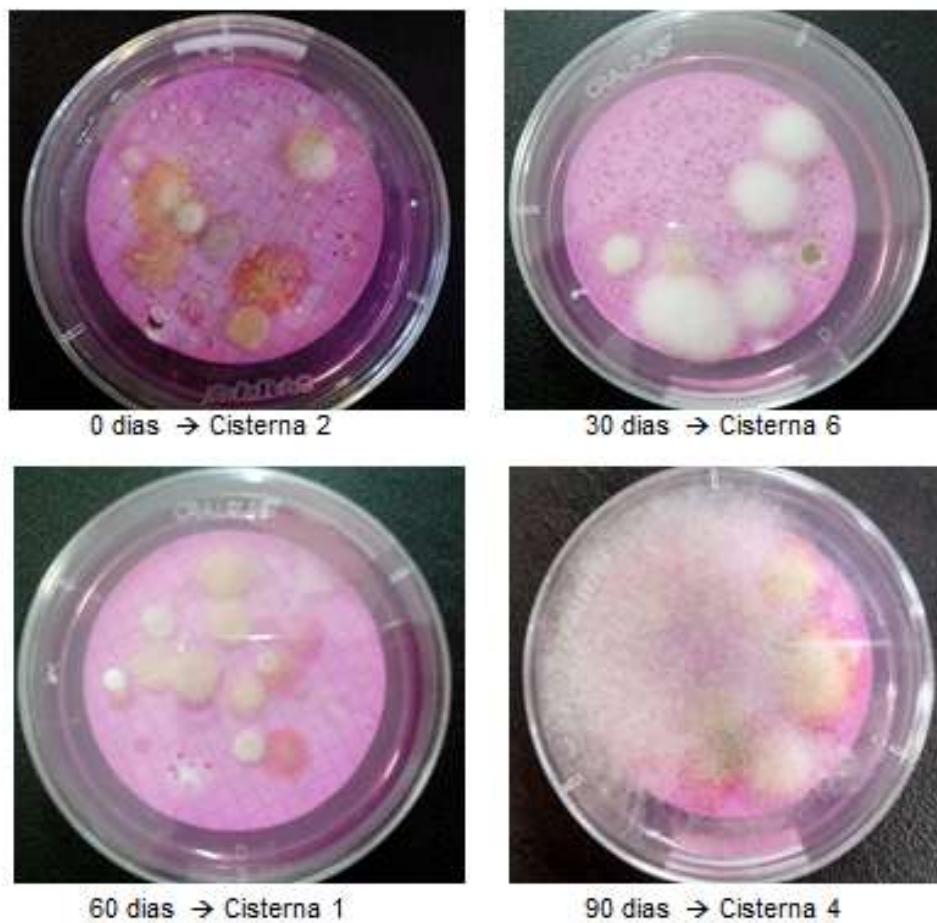
Gênero	Cisternas						Total/gênero
	1	2	3	4	5	6	
<i>Alternaria</i>	09	04	07	13	13	08	54
<i>Aspergillus</i>	32	49	48	57	54	46	286
<i>Cladosporium</i>	16	13	27	22	28	29	135
<i>Curvularia</i>	13	12	22	21	11	09	88
<i>Fusarium</i>	13	23	17	12	23	28	116
<i>Penicillium</i>	38	49	53	51	48	43	282
<i>Trichoderma</i>	21	39	44	37	36	33	210
Mucorales	15	16	23	40	11	13	118
<i>Micelia sterilia</i>	20	17	11	15	11	07	81
Fungos não identificados	22	13	10	16	07	17	85
<b>Total/cisterna</b>	<b>199</b>	<b>235</b>	<b>262</b>	<b>284</b>	<b>242</b>	<b>233</b>	<b>1455</b>

Fonte: Autor, 2016.

Com a leitura da tabela 3, pode se observar que os sete gêneros de fungos filamentosos ocorreram em todas as cisternas, juntamente com fungos da ordem Mucorales, o *Micelia sterilia* e fungos não identificados. O mais abundante em todas as cisternas foi o gênero *Aspergillus* com um total de 286 amostras, sendo ele mais predominante na cisterna 4 e cisterna 5, contudo ele foi menos predominante na cisterna 1 com 32 amostras. O segundo mais abundante foi o gênero *Penicillium* com o total de 282 amostras, sua incidência foi maior nas cisternas 3 e 4, e menor na cisterna 1. O gênero *Trichoderma* incidiu em 210 amostras no experimento, com maior quantidade nas cisternas 3 e 4, e menor na cisterna 1 com um total de 21 amostras. De todos os gêneros identificados o de menor incidência com um total de 54 amostras, foi o gênero *Alternaria*.

A sua maior incidência ocorreu nas cisternas 4 e 5 com um total de 13 amostras e menor incidência na cisterna 2 com quatro amostras durante todo o experimento. Com a contagem total de fungos por cisternas pode se observar que a cisterna 4 obteve a maior quantificação de fungos com 284 amostras, seguido da cisterna 3 com 262 amostras e a cisterna 5 com 233 amostras. Contudo a menor incidência ocorreu à cisterna 1, com 199 amostras fúngicas. A Figura 10 ilustra o crescimento fúngico nas placas de Petri em relação ao período da coleta e em que ponto a água foi coletada, no caso em que cisterna. Como pode se observar a cisterna 4 obteve o maior crescimento fúngico, sendo ela tomada em toda a placa.

Figura 10 - Crescimento fúngico em relação à coleta e a cisterna coletada.



Fonte: Autor, 2016.

Esses resultados são semelhantes aos encontrados por outros pesquisadores analisando a água em diferentes tipos de reservatórios. O gênero *Aspergillus* encontrado como o mais abundante nesse estudo, foi relatado por Paterson *et al.* (1997) como o mais encontrado em seus estudos. Sammon *et al.* (2010) relata a presença do gênero

*Cladosporium* em um sistema de distribuição municipal de água na Austrália, sendo esse mesmo fungo encontrado nas cisternas estudadas. Confirmado assim que esse gênero pode estar presente em todos os reservatórios de armazenamento de água, onde os pesquisadores Gonçalves *et al.* (2006) e Hussain *et al.* (2010) também relatam a presença do mesmo gênero.

O gênero *Penicillium* foi encontrado em água de reservatórios nos estudos dos pesquisadores Göttlich *et al.* (2002), assim como Paterson *et al.* (2006) e Hageskal *et al.* (2006), sendo esse gênero também encontrado nas seis cisternas estudadas. Schwab & Straus (2004) relatam que espécies do gênero *Penicillium* causam problemas respiratórios provocados por esporos e como pelas possíveis toxinas que eles produzem. Com base nos estudos realizados sobre a ocorrência de fungos em água de sistemas de distribuição pública pouca medidas foram implementadas para a sua desinfecção. A menor incidência de *Alternaria*, *Curvularia*, *Fusarium* e *Trichoderma* também é certificada nos trabalhos de Gonçalves *et al.* (2006), Varo *et al.* (2007) e Sammon *et al.* (2010).

Com a presença dos fungos filamentosos nas águas das cisternas, torna-se imprescindível um tratamento com a água armazenada para minimizar suas possíveis contaminações. Pois no estudo ocorreu uma grande quantidade de fungos filamentosos. No entanto a legislação vigente (Portaria MS nº2.914/2011) não possui critérios para mesurar a contaminação de fungos em água de consumo humano, somente informa parâmetros físico-químicos e bacteriológicos nessas águas. A legislação da Suíça, contudo, instituiu parâmetros a quantidade fúngica, estabelecendo um limite de 100 UFC/100 mL (HAGESKAL *et al.*, 2007). Por se tratar de um trabalho inédito quanto a presença de fungos filamentosos em água para consumo humano proveniente de cisternas, não existem trabalhos para se fazer uma comparação quanto a quantidade de fungos informada nesse trabalho.

## 4 CONCLUSÃO

O presente experimento confirmou a hipótese da ocorrência de fungos filamentosos em água de cisternas provenientes da Região Semiárida de Pernambuco, no município de Caruaru.

As condições físico-químicas como turbidez, oxigênio dissolvido, temperatura e pH da água das cisternas são propícios ao desenvolvimento dos fungos.

A água se encontra dentro dos parâmetros físico-químicos estabelecidos pela legislação vigente, estando própria para consumo humano de acordo com esses parâmetros.

A quantificação média total por coleta de unidades formadoras de colônias obteve valor de 122 UFC/100 mL para fungos filamentosos presentes em águas armazenadas em cisternas.

Houve a presença de fungos filamentosos em todas as amostras de água de todas as coletas, com predominância dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium*. E com menor incidência de outros gêneros.

Com a presença de certos fungos encontrados e o conhecimento que alguns desses gêneros são produtores de toxinas e também patógenos oportunistas, sua presença na água são indícios de contaminantes prejudiciais à saúde humana.

Existe uma necessidade para a implementação de uma legislação específica quanto à quantidade de unidades formadoras de colônias por litro no Brasil, uma vez que o clima brasileiro é diferente de outros países.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Conjuntura Nacional dos Recursos Hídricos no Brasil.** 2009. Disponível em: <[www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br)>. Acesso em: 12 out. 2014.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil:** informe 2012. Ed. Especial. – Brasília. ISBN 978-85-89629-89-8. 215 p. 2012.
- ALBUQUERQUE, S.G.; BANDEIRA, G.R.L. Effect of thinning and slashing on forage phytomass from a caatinga of Petrolina, Pernambuco, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.30, p.885-891. 1995.
- ALVES, F.; LUZ, J.; FIGUEIRAS, M.L.; MEDEIROS, L.L.; SANTOS, S.M.; GAVAZZA, S. Qualidade de água em cisternas do semiárido pernambucano. In: 8º Simpósio Brasileiro De Captação De Água De Chuva. **Anais**. Campina Grande, Paraíba: ABCMAC, 2012.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOTIATION (APHA). **Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater**. 21th ed., Washington DC, 2005.
- AMORIM, M.C.C. DE; PORTO, E.R. Avaliação da qualidade bacteriológica das águas de cisternas: estudo de caso no município de Petrolina-PE. In: 3º Simpósio Brasileiro De Captação De Água De Chuva No Semiárido. Pernambuco – PE. **Anais**. Pernambuco: ABCMAC, 2001.
- ANDRADE NETO, C.O. DE. Proteção Sanitária das Cisternas Rurais. In: Simpósio Luso-brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21. 2004. Natal. **Anais**. Natal/RN: ABES. 2004.
- ARVANITIDOU, M.; KANELLOU, K.; CONSTANTINIDES, T.C.; KATSOUYANNOPoulos, V. The occurrenceof fungi in hospital and community potable Waters. **Applied Microbiology**. 29:p.81-84. 2000.
- ARTICULAÇÃO SEMIÁRIDO BRASILEIRO (ASA). Programa de formação e mobilização social para a convivência com o semiárido:** um milhão de cisternas rurais-P1MC. 2009. Disponível em: <<http://www.asabrasil.org.br>>. Acesso em: 12 out. 2014.
- ÅSLUND, P. Skin irritations cause by moulds (in Swedish). **Vår Föda** 36: p.327–336. 1984.
- BARNET, H.L.; HUNTER, B.B. **Illustrated genera of imperfect fungi**. Minnesota: Burgess Publishing Company. 1972. 214p.
- BAYS, L.R.; BURMAN, N.P.; LEWIS, W.M. Taste and odour in water supplies in Great Britain: a survey of the present position and problems for the future. **Water Treatment and Examination** 19:136–160. 1970.
- BATTÉ, M.; APPENZELLER, B.M.R.; GRANDJEAN, D.; FASS, S.; GAUTHIER, V.; JORAND, F.; MATHIEU, L.; BOULAM, M.; SABY, S.; BLOCK, J.C. Biofilms in

drinking water distribution systems. **Environmental Science and Bio/Technology** 2: p.147-168. 2003.

**BERMEJO, L.J. Ação do ultrassom na remoção do biofilme dos reservatórios de água dos equipos da Faculdade de Odontologia de Bauru.** Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, São Paulo. 100 p., 2012.

**BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS. Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca.** Brasília, DF: MMA; SRH. 2004.

**BRASIL. MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. SECRETARIA DE POLÍTICAS DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL. Relatório Final – Grupo de Trabalho Interministerial para Redelimitação do Semiárido Nordestino e do Polígono das Secas.** Brasília, DF: MIN. 2005.

**BRASIL. MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. SECRETARIA DE POLÍTICAS DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL. Nova Delimitação do Semiárido Brasileiro.** Brasília, DF: MIN, 2005.

**BRASIL. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO SOCIAL E COMBATE À FOME. SECRETARIA DE SEGURANÇA ALIMENTAR.** Projeto Cisternas – Construção de Cisternas e Capacitação para a Convivência Sustentável com o Semiárido. **Projeto Técnico.** Brasília, DF: MDS;SESAN. 2005.

**BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº. 357 de 17 de março de 2005.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 8 dezembro 2014.

**BRASIL. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO SOCIAL E COMBATE A FOME (MDS) - SECRETARIA DE SEGURANÇA ALIMENTAR (SESAN).** **Relatório Técnico Programa Cisternas:** Um Estudo sobre a Demanda, Cobertura e Focalização do Programa no Nordeste Semiárido Brasileiro e proposição de índice para alocação de novas cisternas. 2006. Disponível em: <[http://www.mds.gov.br/backup/teste/seguranca-alimentar-e-nutricional-san/cisternas/antiga/arquivos/relatorio\\_tecnico\\_estudo\\_de\\_demanda.pdf](http://www.mds.gov.br/backup/teste/seguranca-alimentar-e-nutricional-san/cisternas/antiga/arquivos/relatorio_tecnico_estudo_de_demanda.pdf)> Acesso em: agosto de 2014.

**BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE.** Secretaria de Vigilância em Saúde - Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. **Comentários sobre a Portaria MS nº 518/2004: subsídios para implementação.** Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2005a. 92 p.: il. – Série E. Legislação em Saúde.

**BRASIL. Portaria nº MS nº2.914/2011,** de 12 de dezembro de 2004: Normas de qualidade da água para consumo humano. Ministério da Saúde, Brasília, 2011.

**BRITO, L.T. DE L.; PORTO, E.R.; SILVA, A. DE S.; SILVA, M.S.L. DA; HERMES, L. C.; MARTINS, S.S. Avaliação das características físico-química e bacteriológicas das**

**água de cisternas da comunidade de Atalho, Petrolina-PE.** In: Simpósio brasileiro de captação e manejo de água de chuva, Teresina, PI. 2005.

BRITO, L.T. DE L.; AMORIM, M.C.C. DE; MOURA, W. DE. Qualidade de água para consumo humano. **Embrapa Semiárido.** Petrolina-PE. 2007.

BRITO, L.T. DE L.; SILVA, A.S.; PORTO, E.R. Disponibilidade de água e a gestão dos recursos hídricos. In Potencialidades da água de chuva no Semiárido brasileiro. **Embrapa Semiárido,** Petrolina-PE. 2007.

BRITO, L.T. DE L.; SILVA, A.S.; PORTO, E.R.; AMORIM, M.C.C.; LEITE, W.M. Cisternas Domiciliares: água para consumo humano. In Potencialidades da água de chuva no Semiárido brasileiro. **Embrapa Semiárido.** Petrolina-PE. 2007.

BURMAN, N.P. Taste and odour due to stagnation and local warming in long lengths of piping. **Society of Water Treatment Examination**, 14: p.125–131. 1965.

CARVALHO, P.L.N.; ABJAUDE, S.A.R.; HIPOLITO, T.M.M.; LOPES, A.R.; NASCIMENTO, L.C.; VEIGA, S.M.O.M. Água purificada para laboratório: qualidade microbiológica, formação de biofilme e uso do ozônio como sanificante alternativo. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Três Corações, v. 10, n. 2, p.260-269, 2012.

CARVALHO, L.A.; DA SILVA, D.D. Avaliação da qualidade de águas de cisternas da zona rural e urbana do município de Cuité – PB. **Educação Ciência e Saúde**, 1 (1): 1-18, 2014.

CASALI, C.A. **Qualidade da água para consumo humano ofertada em escolas e comunidades rurais da região central do Rio Grande do Sul.** Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul. 173 p. 2008.

CLARK, R.; KING, J. **The Atlas of water: mapping the world's most critical resource.** Londres: Earthscan Publications Ltda, 2004.

CÔRTE-REAL, M.; JOHANSSON, B.; SARAIVA, L. Nutrição e crescimento microbiano. In: Ferreira, W.F.C.; Souza, J.C.F., Lima, N. (Ed) **Microbiologia.** Litel Edições Técnicas Ltda, p.166-195. 2010.

DANTAS, A.K.D.; SOUZA, C.; FERREIRA, M. S.; ANDRADE, M.A.; ANDRADE, D.; WATANABE, E. Qualidade microbiológica da água de bebedouros destinada ao consumo humano. **Revista Biociências**, UNITAU, v.16, n. 02. 2010.

DOGGETT, M.S. Characterization of fungal biofilms within a municipal water distribution system. **Appl. Environ. Microbiol.** 66, p.1249–1251. 2000.

DRUMOND, M.A.; SANTANA, A.C.; ANTONIELE, A. Recomendações para o uso sustentável de biodiversidade no bioma da caatinga. In: Biodiversidade da Caatinga Áreas e ações prioritárias para a conservação. Brasília: MMA-YFRPE, Brasília, DF: p.47-90. 2004.

**EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Captação e conservação de água de chuva para o consumo humano, cisternas rurais, dimensionamento, construção e manejo.** Circular técnico. 1984.

**FAIA, A.M. Isolamento e identificação de fungos filamentosos e leveduras em alguns pontos de uma rede de distribuição de água.** Dissertação (Mestrado), Universidade de Lisboa, Portugal. 52p., 2011.

**FLEMMING, H.C.** Biofouling in water systems – cases, causes and countermeasures. **Appl. Microbiol. Biotechnol** 59: 629-640. 2002.

**GONÇALVES A.B.; SANTOS, I.M.; PATERSON, R.R.M; LIMA, N.** FISH and Calcofluor staining techniques to detect in situ filamentous fungal biofilms in water. **Revista Iberoamericana de Micologia** 23: p.194–198. 2006.

**GÖTTLICH, E.; VAN DER LUBBE, W.; LANGE, B.; FIEDLER, S.; MELCHERT, I.; REIFENRATH, M.; FLEMMING, H.C.; DE HOOG, S.** Fungal flora in groundwater-derived public drinking water. International **Journal of Hygiene and Environmental Health** 205: p.269–279. 2002.

**HAGESKAL, G.; KNUTSEN, A. K.; GAUSTAD, P.; HEIER, B.T.; SKAAR, I.** Diversity and significanceof mold specie in Norwegian drinking water. **Applied and Environmental Microbiology**. 72: p.7586-7593. 2006.

**HAGESKAL, G.; GAUSTAD, P.; HEIER, B.T.; SKAAR, I.** Occurrence of molds in drinking water. **J. Appl. Microbiol.** p.774-8. 2007.

**HAGESKAL, G.; LIMA, N.; SKAAR I.** The study of fungi in drinking water. **Mycological Research**, v. 113, p.165–172. 2009.

**HUSSAIN, T.; ISHTIAQ, C.M.; HUSSAIN, A.; MAHMOOD, T.; SULTANA, K.; ASHRAF, M.** Iincidence of fungi in water springs of Samahni Valley, Distric Bhiimber, Azad Kashmir, Parkistan. **Internacional Journal of Biology** 2: p.94-101. 2010.

**INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE).** Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000. Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 05 ago. 2014.

**INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE).** 2010. Censo demográfico. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 05 out. 2014.

**INSTITUTO NACIONAL DO SEMIÁRIDO. INSA.** Sinopse do censo demográfico para o semiárido brasileiro. 2012. Disponível em: <<http://www.insa.gov.br/censosab/publicacao/sinopse.pdf>>. Acesso em: 8 out. 2014.

**KIKUCHI, T.; KADOTAS, S.; SUEHARA, H.; NISHI, A.; TSUBAKI, K.** Odours metabolites of a fungus, *Chaetomium globosum*: identificación of geosmin, a musty-smelling compound. **Chemical and Pharmaceutical Bulletin**, Japan, v.29, n.6, p.1782-1784. 1981.

KINSEY, G.; PATERSON, R.; KELLEY, J. Filamentous fungi in water systems. In: Mara, D.; Horan, N. (eds) *Handbook of Water and Wastewater Microbiology*. Academic Press, p.77-98. 2003.

LEAL, A.F.G.; MACEDO, D.P.C.; MOTTA, C.M.S.; FERNANDES, M.J.S.; MAGALHÃES, O.M.C.; NEVES, R.P. Ocorrência de fungos filamentosos de importância médica em água de bebedouros. *Rev Inst Adolfo Lutz*. São Paulo, 69(4):576-9. 2010.

LIMA, J.E.F.W; FERREIRA, R.S.A; CHRISTOFIDIS, D. O uso da irrigação no Brasil. In: **Estado das águas no Brasil – 1999: Perspectivas de gestão e informação de recursos hídricos**. SIH/ANEEL/MME; SRH/MMA. p.73-82. 1999.

MAIA, G.N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. São Paulo: D&Z Computação gráfica e editora, 2004. 413p.

MENDES, B.; OLIVEIRA, J.F.S. **Qualidade da água para consumo humano**. Edições técnicas. 1<sup>a</sup> ed. Lisboa : Lidel. 2004.

METZGER, W.J.; PATTERSON, R.; FINK, J.; SEMERDJIAN, R.; ROBERTS, M. Sauna-takers disease. Hypersensitivity due to contaminated water in a home sauna. *Journal of the American Medical Association*, 236: 2209–2211. 1976.

MUITTARI, A.; KUUSISTO, P.; VIRTANEN, P.; SOVIJÄRVI, A.; GRÖNROOS, P.; HARMOINEN, A.; ANTILA, P.; KELLOMÄKI, L. An epidemic of extrinsic allergic alveolitis caused by tap water. *Clinical Allergy*. 10: p.77–90. 1980.

OLIVEIRA, L. A. **Estratégias de educação ambiental para promoção do manejo sustentável dos sistemas de captação de água de chuva em comunidades do Cariri-PB**. 2009. 104p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental), Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual da Paraíba - UEPB. Campina Grande - PB.

PÁDUA, V. L. de. (coord.). Proteção Sanitária das Cisternas Utilizadas na Reservação de Águas Pluviais para Uso Domiciliar: Aspectos Técnicos e Educacionais. **5º Caderno de pesquisa em engenharia de saúde pública**. Fundação Nacional de Saúde. Brasília: FUNASA, 2013.

PALHARES, J.C.P.; GUIDONI, A.L. Qualidade da água de chuva armazenada em cisterna utilizada na dessedentação de suínos e bovinos de corte. *Ambi-Agua*, Taubaté, v. 7, n. 1, p. 244-254, 2012.

PATERSON, R.R.M.; KELLEY, J.; GALLAGHER, M. Natural occurrence of aflatoxins and *Aspergillus flavus* (Link) in water. *Letters in Applied*. 1997.

PATERSON, R.R.M.; LIMA, N. Fungal contamination of drinking water. In: **Water Encyclopedia**, Edited by Jay Lehr, Jack Keeley, Janet Lehr, and Thomas B. Kingery III ISBN 0-471-44164-3, John Wiley & Sons, Inc., 2005.

PATERSON, R.R.M.; GONÇALVES, A.B.; LIMA, N. Mycological examination and biofilm formation in drinking water. In: **Proceedings of the 8th International Mycological Congress**. SAPMEA, Eastwood, Australia, p. 129. 2006.

PATERSON, R.R.M.; VENÂNCIO, A.; LIMA, N. Why do food and drink smell like earth? In: Méndez-Vilas A (ed), **Microbiology Book Series - Communicating Current Research and Education Topics and Trends in Applied Microbiology**. Formatex, Badajoz, Spain, p. 120–128. 2007.

PEREIRA, V.J.; BASILIO, M.; FERNANDES, D.; DOMINGUES, M.; PAIVA, J.M.; BENOLIEL, M.J.; CRESPO, M.T.; SAN ROMÃO, M.V. Occurrence of filamentous fungi and yeast in three different drinking water sources. **Water Research** 43: p.3813-3819. 2009.

PHILIPPI, JR. A.; MARTINS, G. Águas de abastecimento. In PHILIPPI JR Arlindo (eds). **Saneamento, Saúde e Ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. Barueri: Manole, 2005. Pp. 177-180.

PITT, J.J.; HOCKING, A.D. **Fungi and food spoilage**. Second edition. London: Black Academic & Professional – Chapman & Hall, 1997, 593p.

SAMMON, N.B.; HARROWER, K.M.; FABBRO, L.D.; REED, R.H. Incidence and Distribution of Microfungi in a Treated Municipal Water Supply System in Sub-Tropical Australia. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 7(4): p.1597-1611. 2010.

SAMSON, R.A.; FRISVAD, J.C. **Penicillium Subgenus Penicillium: new Taxonomies 210 schemes, Mycotoxins and Others Extrolites**. Studies in Mycology 49, 1 – 260. 2004.

SAMPAIO, E.V.S.B et al. **Espécies da Flora Nordestina de importância econômica potencial**. Recife: Associação Plantas do Nordeste – APNE. 2005. 331p.

SCHWAB, C.J.; STRAUS, D.C. The roles of *Penicillium* & *Aspergillus* in sick buildings syndrome. **Adv. Appl. Microbiol** 55: p.215-237. 2004.

SHIKLOMANOV, I.A. Comprehensive assessment of the Freshwater resources to the world. In: **Assessment water resources and water availability in the world**. WMO/SEI, 1997. 85p

SILVA, C.V. **Qualidade da água de chuva para consumo humano armazenado em cisternas de placa. Estudo de caso: Araçuaí, MG**. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) Universidade Federal de Minas Gerais. Minas Gerais. 2006.

SOSSEGOLO, T.; TOCHETTO, C.; ZANETTE, R.A.; SILVA, A.S.; ALVES, S.H.; MONTEIRO, S.G.; SANTURIO, J.M. Microbiota fúngica em amostras de água potável e esgoto doméstico. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 301-306. 2011.

UNITED NATIONS CHILDREN'S FUND (UNICEF). **Unicef Handbook On Water Quality**. New York. 2008. Disponível: <<http://www.unicef.org>> Acesso em: 20 ago. 2014.

VARO, S.D.; MARTINS, C.H.G.; CARDOSO, M.J.O.; SARTORI, F.G.; MONTANARI, L.B.; GONÇALVES, R.H.P. Isolamento de fungos filamentosos em água utilizada em uma

unidade de hemodiálise. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, 40(3): p.326-331. 2007.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Guidelines for drinking-water quality**. Geneva: World Health Organization, 2004. 515p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **The United Nations Children's Fund. Meeting the MDG drinking water and sanitation target: the urban and rural challenge of the decade.** 2006. Disponível: <[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/monitoring/jmpfinal.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/jmpfinal.pdf)> Acesso em: 09 ago. 2014.

WWF-BRASIL. Cadernos de Educação Ambiental **Água para vida, Água para todos:** Livro das Águas. Brasília. 2006.

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

YAMAGUSHI, M.U.; RAMPAZZO, R.C.P.; YAMADA-OGATTA, S.F.; NAKAMURA, C.V.; UEDA-NAKAMURA, T.; FILHO, B.P.D. Yeasts and filamentous fungi in bottled mineral water and tap water from municipal supplies. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, 50 (1), p.1 e 9. 2007.