

Universidade Camilo Castelo Branco

Campus de Fernandópolis

DOUGLAS COSTA MARTINS

QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA NO MUNICÍPIO DE
FERNANDÓPOLIS – SÃO PAULO

Fernandópolis, SP

2014

Douglas Costas Martins

QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA NO MUNICÍPIO DE
FERNANDÓPOLIS – SÃO PAULO

Orientadora Prof^aDr^a Andrea Cristiane Sanches

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Camilo Castelo Branco, com complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais

Fernandópolis, SP

2014

Ficha catalográfica

Martins, Douglas Costa.

M342Q Qualidade da Água de Chuva no Município de Fernandópolis - São Paulo/
Douglas Costa Martins - Fernandópolis: SP/UNICASTELO, 2014.

55f.

Orientador: Prof. Dr. Andrea Cristiane Sanches

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Camilo Castelo
Branco, com complementação dos créditos necessários para obtenção do
título de Mestre em Ciências Ambientais.

1 Recurso Hidrico. 2. Reuso da Água. 3. Precipitações

I. Título

CDD: 574

Autorizo, exclusivamente, para fins acadêmicos e Científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação (tese), por processos xerográficos ou eletrônicos.

Assinatura do aluno:



Data: 14/05/2015

Unicastelo

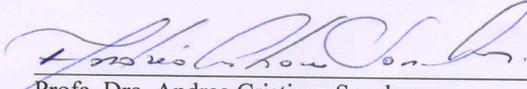
Universidade Camilo Castelo Branco

TERMO DE APROVAÇÃO

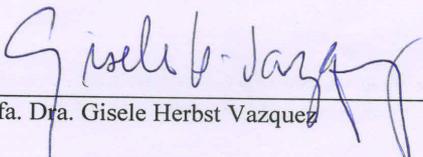
DOUGLAS COSTA MARTINS

**QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA NO MUNICÍPIO DE
FERNANDÓPOLIS/SP**

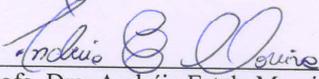
Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Camilo Castelo Branco, pela seguinte banca examinadora:



Prof. Dra. Andrea Cristiane Sanches
(Presidente)



Prof. Dra. Gisele Herbst Vazquez



Prof. Dra. Andréia Estela Moreira de Souza

Fernandópolis - SP, 26 de novembro de 2014.

Presidente da Banca Prof. Dra. Andrea Cristiane Sanches

Campus • São Paulo
Rua Carolina Fonseca, 584 - Itaquera
CEP: 08230-030 - São Paulo - SP.
Fone: 11 2070.0000
email: unicastelo@unicastelo.br

Campus • Fernandópolis
Est. Projetada F-1, s/n - Fazenda Santa Rita
CEP: 15600-000 - Fernandópolis - SP.
Fone: 17 3465.4200
email: unicasteloc7@unicastelo.br

Campus • Descalvado
R. Hilário da Silva Passos, 950 - Parque Universitário
CEP: 13690-970 - Descalvado - SP.
Fone: 19 3593.8500
email: unicasteloc8@unicastelo.br

www.unicastelo.br

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho às pessoas mais presentes em minha vida:

Minha esposa, pela paciência e compreensão nas minhas ausências.

Meus filhos Lucas, Isabella e Pedro Emmanuel, por sempre me compreenderem.

AMO MUITO VOCÊS!

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos a DEUS, JESSUS e aos AMIGOS ESPIRITUAIS que estiveram sempre nos orientando e colocando pessoas tão especiais a meu lado, sem as quais certamente não teria dado conta!

A minha esposa, Maria do Carmo Amaral Martins, meu infinito agradecimento. Sempre acreditar em minha capacidade, por ser tão importante na minha vida. Sempre a meu lado, me pondo para cima e me fazendo acreditar que posso mais que imagino. Devido a seu companheirismo, amizade, paciência, compreensão, apoio, alegria e amor, este trabalho pôde ser concretizado. Obrigada por ter feito do meu sonho o nosso sonho!

A meus filhos Lucas Amaral de Moura, Isabella Amaral Martins e Pedro Amaral Martins, por ter me escolhido para trilhar seus caminhos na evolução moral e espiritual, meus agradecimentos, por confiarem em mim.

A minha orientadora Dr Andrea Cristiane Sanches, por acreditar em mim mesmo quando mudei de solo para água, obrigado por me dar esta liberdade.

A Universidade Camilo Castelo Branco que representa muito em minha formação intelectual que, agora, me inspira a querer ser mais que fui até hoje!

Obrigado pela confiança!

QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA NO MUNICÍPIO DE FERNANDÓPOLIS – SÃO PAULO.

RESUMO

A qualidade da água é definida em função do tipo e quantidade de impurezas presentes. As características qualitativas da água indicam o uso mais apropriado e podem ser traduzidas na forma de parâmetros de qualidade da água. Estes parâmetros são divididos em três classes: parâmetros físicos, parâmetros químicos e parâmetros biológicos. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade da água da chuva captada diretamente da atmosfera e após passagem pelo telhado no município de Fernandópolis São Paulo. Coletou-se água da chuva em oito bairros (residências), com quatro amostras por residência. As amostras foram encaminhadas para o laboratório da Universidade Camilo Castelo Branco para determinação de coliformes totais (*Escherichia coli*), pH e condutividade elétrica. A turbidez, dureza, alcalinidade, cloretos, sulfatos, Demanda Bioquímica de Oxigênio e a Demanda Química de Oxigênio, foram analisados pelo laboratório LABORLAB análise de água e solo. Os resultados mostraram que a passagem pelo telhado causa alterações na qualidade da água, e, apesar de não ser recomendada para consumo humano, a água da chuva mostrou ter boa qualidade de acordo com os parâmetros legais brasileiros. Observou-se que as variáveis pH e turbidez apresentaram valores em desacordo com o preconizado pela legislação nacional.

Palavras chaves: recursos hídricos, reuso da água, precipitações

QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA NO MUNICÍPIO DE FERNANDÓPOLIS – SÃO PAULO.

ABSTRACT

Water quality is defined depending on the type and quantity of impurities present. The qualitative characteristics of water indicate the most appropriate use and can be translated in the form of water quality parameters. These parameters are divided into three categories: physical, chemical and biological parameters. This study aimed to evaluate the quality of rainwater captured directly from the atmosphere and after passage through the roof in the city of São Paulo Fernandópolis. Was collected rainwater in eight neighborhoods (residential), with four samples per household. The samples were sent to the laboratory at the University Camilo Castelo Branco for determination of total coliforms (*Escherichia coli*), pH and electrical conductivity. The turbidity, hardness, alkalinity, chlorides, sulfates, Biochemical Oxygen Demand and Chemical Oxygen Demand, were analyzed by the laboratory analysis of water and Laborlabsoil. Os results showed that the roof the passege cause changes in water quality, and, despite is not recommended for human consumption, rainwater was shown to have good quality according to Brazilian legal parameters. It was observed that the pH and turbidity variables presented at odds with the values recommended by national legislation.

Key words:hydric resources, water reuse, rainfall

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Tipos de Chuvas.	16
Figura 2: Instalação de um pluviômetro.	17
Figura 3: Precipitação no município de Fernandópolis no período de Janeiro a Dezembro de 2013.....	18
Figura 4: Chuva ácida.	21
Figura 5: Disponibilidade hídrica por região no Brasil.	28
Figura 6: Consumo de água <i>per capita</i> no mundo.	31
Figura 7: Reaproveitamento da água de chuva.....	39
Figura 8: Localização município de Fernandópolis, São Paulo.....	40
Figura 9: Mapa do município de Fernandópolis e a locação dos bairros.	41
Figura 10: Telhado de Cerâmica.....	41
Figura 11: Reservatório coleta água diretamente da atmosfera.....	42
Figura 12:Valores médios de pH.....	43
Figura 13: Valores médios de condutividade.....	44
Figura 14: Valores Médios de turbidez.....	45
Figura 15: Valores médios de cloreto.....	45
Figura 16: Valores médios de dureza.....	46
Figura 17: Valores médios de alcalinidade.....	47
Figura 18: Valores médios de fósforo.....	47
Figura 19: Valores médios de sólidos totais.....	48
Figura 20: Valores Médios de DBO.....	49
Figura 21: Valores médios de DQO.	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Consumo de água.	29
Tabela 2: Consumo médio <i>per capita</i> de água nos Estados e Distrito Federal.	31
Tabela 3: Consumo médio de água em cada região do Brasil.	32
Tabela 4: Porcentagem de água consumida por atividade doméstica para um consumo diário de 200 litros por habitante.	32
Tabela 5: Parâmetros de qualidade de água de chuva para uso restritivo não potáveis.	36
Tabela 6: Classificação da água quanto ao padrão de balneabilidade.	37

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Dados mensais de precipitação no município de Fernandópolis no período de Fevereiro de 2009 a Outubro de 2014.	17
---	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. OBJETIVOS.....	14
2.1 Objetivo Geral	14
2.2 Objetivos Específicos	14
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	15
3.1 Chuva.....	15
3.1.1 Principais tipos de chuvas	15
3.1.2 Medição de Chuva.....	16
3.2 Pluviometria em Fernandópolis.....	17
3.3 Água.....	18
3.3.1 Impurezas das águas naturais.....	19
3.3.2 Algumas características químicas das águas naturais	19
3.3.3 Chuva Ácida	20
4. PADRÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA	22
4.1 Parâmetros físicos.....	22
4.1.1 Sólidos.....	22
4.1.2 Temperatura	22
4.1.3 Condutividade.....	23
4.1.4 Cor.....	23
4.1.5 Turbidez.....	23
4.2 Parâmetros químicos	23
4.2.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)	23
4.2.2 Dureza	24
4.2.3 Cloretos	24
4.2.4 Ferro e Manganês	24
4.2.5 Fósforo	24
4.2.6 Nitrogênio	25
4.2.7 Sulfatos.....	25
4.2.8 Matéria Orgânica	25

4.3	Parâmetros biológicos.....	26
4.3.1	Coliformes Totais.....	26
4.3.2	Coliformes Termotolerantes	26
5.	O PROBLEMA DA DISPONIBILIDADE E DA ESCASSEZ DA ÁGUA.....	27
5.1	Consumo de água.....	29
6.	LEGISLAÇÃO SOBRE ÁGUA DE CHUVA.....	33
6.1	Lei Municipal nº 13.276 São Paulo Estado de São Paulo	33
6.2	Lei Municipal nº 10.785 – Curitiba – Estado do Paraná	33
6.3	Lei Municipal nº 6.345 – Maringá – Estado do Paraná.....	34
6.4	Lei Estadual nº 4.693 – Estado do Rio de Janeiro	34
6.5	Lei Estadual nº 5.722 – Estado de Santa Catarina	34
6.6	Lei Municipal nº 12.474 – Campinas/São Paulo.....	35
6.7	Lei estadual nº 12.526 – São Paulo	35
6.8	Política Nacional Recursos Hídricos	36
6.8.1	Lei 9.433 de 1997	36
6.9	Normas e Portarias sobre qualidade da água.....	36
6.9.1	NBR 15.527 – ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.....	36
6.9.2	Portaria nº 518 do Ministério da Saúde	37
6.9.3	Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA	37
7.	UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA	37
8.	MATERIAL E MÉTODOS	40
8.1	Área de estudo.....	40
8.2	Coleta água da chuva	40
9.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
10.	CONCLUSÕES	51
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

1. INTRODUÇÃO

A água é um dos fatores que limitam o desenvolvimento da agricultura, da industrial e também urbano, mesmo em regiões onde os recursos são abundantes, o mau gerenciamento da água pode comprometer sua qualidade.

Pode-se afirmar que a água é essencial para a existência da vida sobre o planeta terra, pois é um dos principais componentes das células animal e vegetal, no caso do ser humano, seu corpo é composto por 70% já seu sangue possui 90% de água e é responsável pelo equilíbrio térmico da terra. A essencialidade desse recurso natural é indiscutível, sendo extremamente necessário para a manutenção da vida no planeta.

Um dos grandes problemas enfrentado em vários locais é a escassez da água, que é o resultado do consumo cada vez maior dos recursos hídricos, da poluição, do mau uso que se faz (do desperdício) e, sobretudo, da falta de políticas públicas que estimulem o uso sustentável da água.

É em virtude deste cenário que cresce a necessidade de encontrar meios e formas de preservar a água potável e não potável, passando necessariamente pela busca de novas tecnologias e pela conscientização da população sobre o uso da água.

Hoje busca-se por meios (práticas) que aprimorem o uso da água, como programas de conservação, baseados em mudanças de comportamento, motivadas por incentivos que vão desde a educação ambiental até a regulamentação de leis e de estrutura tarifária.

O sistema de abastecimento de água utilizado nos dias de hoje é antiquado e padece sérios problemas para manter o abastecimento de água de forma estável e com qualidade.

A água designada ao consumo humano pode ter dois fins distintos, parte dela é utilizada para uso potável como para beber, para higiene pessoal e cozinhar alimentos, uma outra parcela da água que chega às residências é destinada aos usos não potáveis, como lavagem de roupas, carros e calçadas, irrigação de jardins, de hortas e descarga de vasos sanitários.

De acordo com Tomaz (2003), o consumo de água destinado aos usos não potáveis em uma residência varia de 30 a 40% do total de água consumida, esta parcela de água poderia ser atendida por fontes alternativas, como a captação da água de chuva, assim visando à conservação da água e gerando uma economia para o consumidor.

Fontes alternativas do uso da água é citado como uma das soluções para o problema de escassez da água. Dentre estas fontes destaca-se o aproveitamento da água da chuva, o reuso de águas servidas e a dessalinização da água do mar.

Segundo Tomaz (2003) o aproveitamento da água da chuva caracteriza-se por ser uma das soluções mais simples e baratas para preservar a água potável. A utilização da água da chuva além de trazer o benefício da conservação da água e reduzir a dependência excessiva das fontes superficiais de abastecimento, reduz o escoamento superficial, minimizando os problemas com enchentes, buscando garantir a sustentabilidade urbana, conforme Dixon, Butler e Fewkes (1999), só será possível através da mobilização da sociedade em busca do uso apropriado e eficiente da água.

Diante da necessidade do aproveitamento da água da chuva, é necessário ter atenção para alguns aspectos fundamentais como a qualidade da água e a quantidade de chuva disponível em cada região. A chuva ao cair trás os elementos presentes na atmosfera, os quais poderão interferir na qualidade desta água.

Com relação ao aspecto quantitativo, é importante conhecer a capacidade de produção de chuva do sistema de aproveitamento e a demanda que se deseja atender com a mesma, para construir um sistema que garanta o abastecimento na maior parte do tempo e que seja economicamente viável.

Dentro deste contexto, buscará caracterizar os parâmetros de qualidade da água da chuva no município de Fernandópolis (SP) e seu aproveitamento como fonte de abastecimento para fins não potáveis em residências.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Esta pesquisa tem como objetivo geral caracterizar a água da chuva na cidade de Fernandópolis (SP), bem como estudar o seu potencial qualitativo para que possa ser utilizado em áreas urbanas, promovendo um estudo de demanda por água não potável através a da água da chuva, visando a redução do consumo de água potável nas residências.

2.2 Objetivos Específicos

Caracterizar a água da chuva coletada diretamente da atmosfera e dos telhados de residências da cidade de Fernandópolis.

Avaliar os parâmetros da qualidade da água da chuva, analisando os parâmetros como: sólidos totais, turbidez, condutividade, pH, dureza, alcalinidade, DBO, DQO, cloreto, sulfato, fosfato e *Escherichia coli*.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Chuva

Chuva é um fenômeno meteorológico que consiste na precipitação de gotas de água no estado líquido sobre a superfície da terra. A chuva forma-se nas nuvens. Nem todas as chuvas atingem o solo, algumas evaporam-se enquanto estão ainda a cair, num fenômeno que recebe o nome de virgae acontece principalmente em períodos e locais de ar seco. A chuva é uma precipitação atmosférica constituída por gotas de água de dimensões variáveis mas, para efeito de classificação meteorológica, superiores a meio milímetro de diâmetro. Como as demais precipitações, a chuva resulta da condensação, decorrente normalmente da ascensão de massas de ar, de gotículas de vapor d'água que se integram às nuvens e formam núcleos de alta densidade (GNADLINGER, 2003).

Em geral, as chuvas se classificam, do ponto de vista técnico, em três grandes grupos, de acordo com a quantidade de líquido ao longo de um determinado intervalo de tempo denominado índice pluviométrico. A unidade de medida utilizada é o milímetro, que representa a altura relativa à quantidade de água precipitada sobre uma proveta graduada. Assim, as chuvas ligeiras são aquelas correspondentes a uma precipitação inferior a 2,5mm por hora; as moderadas, a índices de 2,8 a 7,6mm; e as pesadas, a índices superiores a 7,6mm.

3.1.1 Principais tipos de chuvas

As convectivas são precipitações formadas pela ascensão das massas de ar quente da superfície, carregadas de vapor d'água. Ao subir o ar sofre resfriamento provocando a condensação do vapor de água presente e, conseqüentemente, a precipitação. São características deste tipo de precipitação a curta duração, alta intensidade, frequentes descargas elétricas e abrangência de pequenas áreas. Já chuvas orográficas são normalmente provocadas pelo deslocamento de camadas de ar úmido para cima devido à existência de elevação natural do terreno por longas extensões. Caracterizam-se pela longa duração e baixa intensidade, abrangendo

grandes áreas por várias horas continuamente e sem descargas elétricas. E as chuvas frontais originam-se do deslocamento de frentes frias ou quentes contra frentes contrárias termicamente, são mais fortes que as orográficas abrangendo, porém, como aquelas, grandes áreas, precipitando-se intermitentemente com breves intervalos de estiagem e com presença de violentas descargas elétricas, como mostra a Figura 1 (GROUP RAINDROPS, 2002).

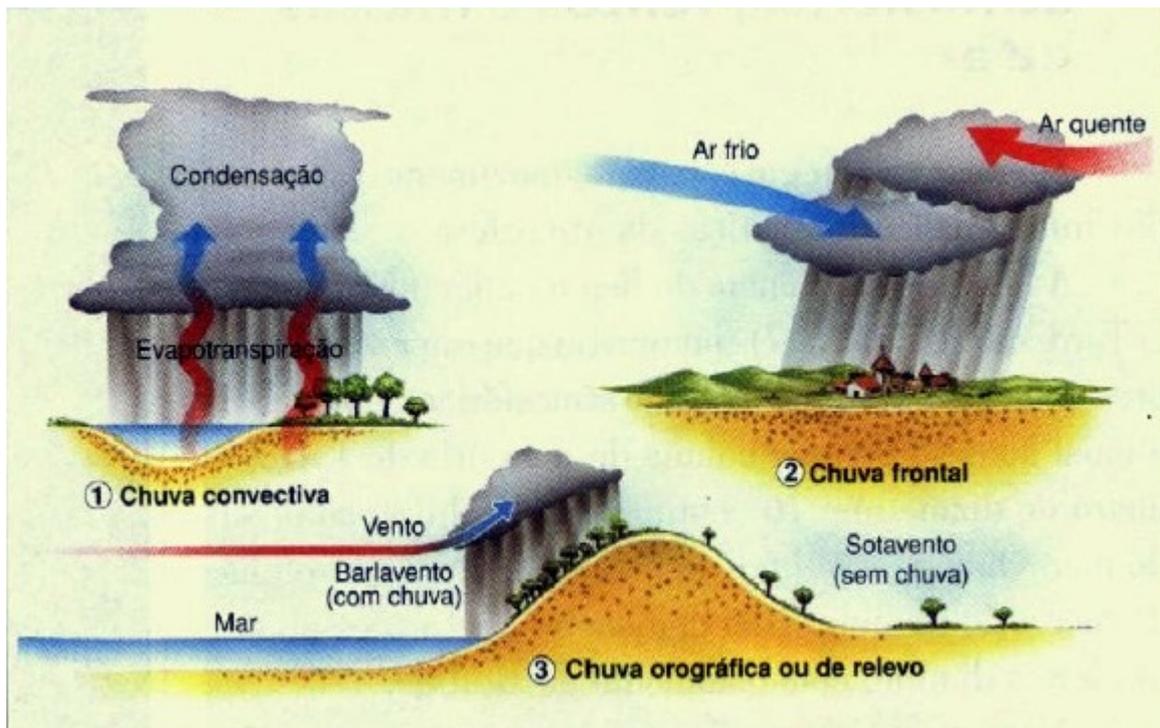


Figura 1:Tipos de Chuvas.
Fonte: RIBEIRO, 2014

3.1.2 Medição de Chuva

Dois aparelhos são comumente empregados nas medições das chuvas. São eles o pluviômetro e o pluviógrafo. O pluviômetro é mais utilizado devido a simplicidade de suas instalações e operação. No pluviômetro realiza a leitura altura total de água precipitada, ou seja, a lâmina acumulada durante a precipitação, sendo que seus registros são sempre fornecidos em milímetros por dia ou em milímetros por chuva, conforme Figura 2 (PHOENIX, 2012).

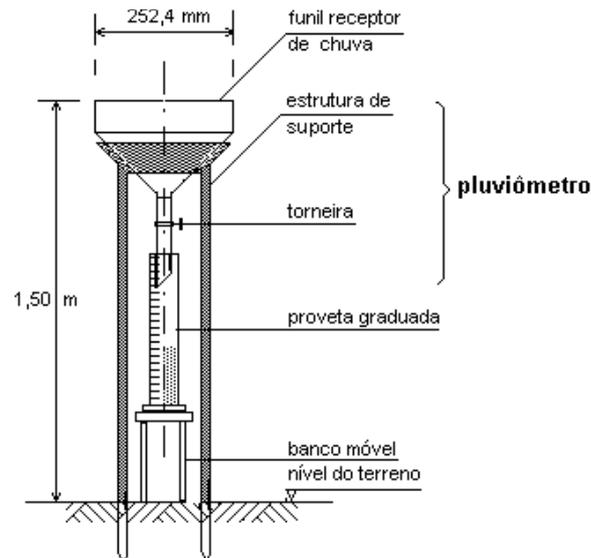


Figura 2: Instalação de um pluviômetro.
Fonte: PHOENIX, 2012.

3.2 Pluviometria em Fernandópolis

No município de Fernandópolis possui um clima tropical semiúmido com inverno seco e verão chuvoso, com precipitações médias em torno de 1362 mm. A precipitação é bem distribuída ao longo do ano sendo nos meses de Janeiro a Março as precipitações mais elevadas, conforme Quadro 1 (PMF, 2014).

Na Figura 3 é apresentada a Precipitação Média mensal de Fernandópolis durante o período de Janeiro a Dezembro de 2013, onde ocorreu precipitação de 1087 mm, segundo o CIIAGRO, 2014.

Quadro 1: Dados mensais de precipitação no município de Fernandópolis no período de Fevereiro de 2009 a Outubro de 2014.

Mês	Dias	Dias de Chuva	Chuva Total	Média Mensal da Chuva Total	Chuva Máxima	Chuva Mínima
Janeiro	155	100	1.043,8	208,8	46,7	0,3
Fevereiro	150	81	844,1	159,0	79,5	0,2
Março	186	109	1.164,7	194,1	68,8	0,2
Abril	180	44	300,1	50,0	59,2	0,3
Maiο	186	26	217,6	36,3	37,1	0,3
Junho	180	35	284,3	47,4	44,5	0,3
Julho	186	18	100,4	16,7	23,1	0,3
Agosto	186	12	73,3	12,2	32,3	0,3
Setembro	180	41	633,9	105,7	91,4	0,3
Outubro	178	62	503,4	87,7	40,1	0,3
Novembro	150	62	478,0	95,6	71,4	0,3
Dezembro	155	90	894,5	178,9	107,2	0,3

Fonte: CIIAGRO, 2014

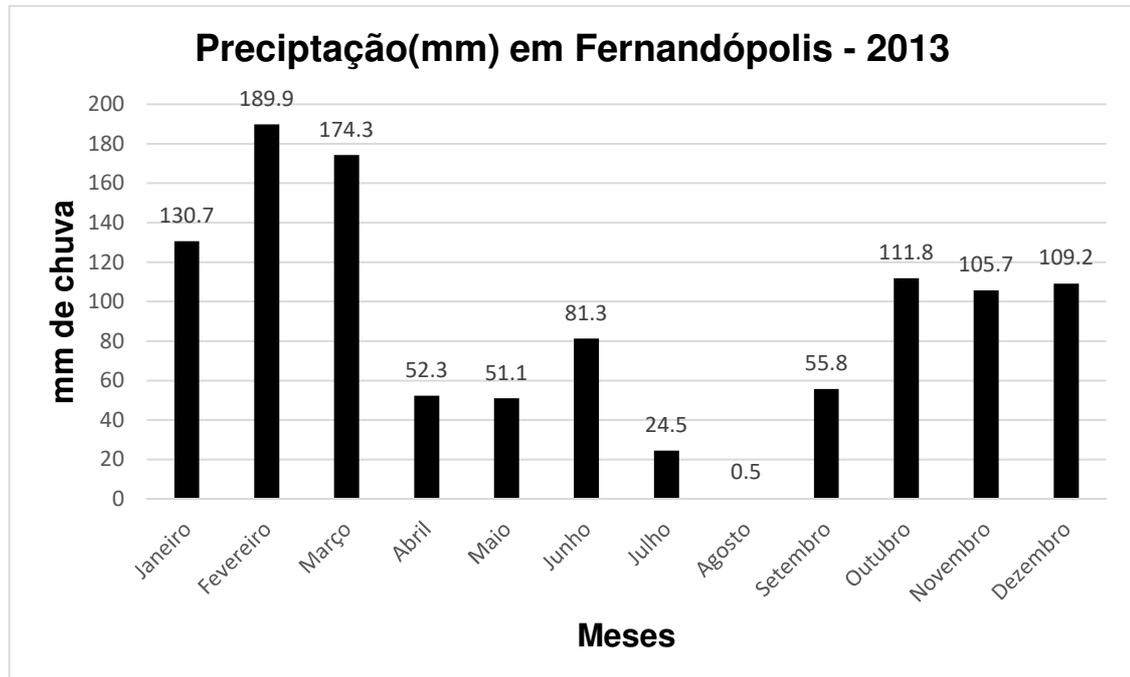


Figura 3: Precipitação no município de Fernandópolis no período de Janeiro a Dezembro de 2013.
Fonte: CIIAGRO, 2014

3.3 Água

A água é a substância simples mais abundante no planeta Terra e pode ser encontrada tanto no estado líquido, gasoso ou sólido, na atmosfera, sobre ou sob a superfície terrestre, nos oceanos, mares, rios e lagos. Também o constituinte inorgânico mais presente na matéria viva: cerca de 60% do peso do homem é constituído de água e em certos animais aquáticos esta porcentagem alcança 98%. Cientistas estimam que o nosso planeta tem *três quartos* de sua massa só de água (SPERLING, 1996), ou seja, 1 trilhão e 360 bilhões de quilômetros cúbicos. Os mares e os oceanos contêm cerca de 97,4 % de toda essa massa, formada pela água salgada. 2 % da água total está estocada sob a forma de neve ou gelo, no topo das grandes cadeias de montanhas ou nas zonas polares. Assim apenas cerca de 0,6 % do total encontra-se disponível como água doce nos aquíferos subterrâneos (0,5959 %), os rios e lagos superficiais (0,0140 %) e na atmosfera na forma de vapor d'água (0,001 %). A maior parte das águas subterrâneas encontra-se em condições inadequadas ao consumo ou em profundezas que inviabilizam sua exploração. Diante desta situação é de importância fundamental para o futuro da humanidade, e

sua própria sobrevivência, que se valorize a preservação dos recursos hídricos do planeta em suas condições naturais (A. NETTO *et al*, 1998).

3.3.1 Impurezas das águas naturais

Não há água pura na natureza devido a seu alto poder de dissolução de gases, corantes, colóides, sais, etc. Este poder químico faz com que a água seja denominada de *solvente universal*. Devido a esta efetiva propriedade de solvência e ao seu alto poder de transportar partículas em seu meio, podem ser encontrados diversas impurezas que normalmente definem sua qualidade. As impurezas podem ser agrupadas em suspensão com presença de algas, protozoários, fungos e vírus; vermes e larvas; areia, argila e silte; resíduos industriais e domésticos, em estado coloidal com presença de corantes vegetais, sílica, em dissolução com presença de sais de cálcio e magnésio (bicarbonatos, carbonatos, sulfatos ou cloretos), sais de sódio (bicarbonatos, carbonatos, sulfatos fluoretos e cloretos), óxidos de ferro e manganês, chumbo, cobre, zinco, arsênio, selênio e boro, iodo, flúor e compostos fenólicos e com substâncias albuminóides com presença de nitratos e nitritos, gases (O_2 , CO_2 , H_2S , N), (AMBIENTE BRASIL, 2005).

Estas impurezas na realidade são de uma forma conceitual mais ampla, conferem a água suas características químicas, físicas e bacteriológicas, características estas que informam os parâmetros de qualidade da água. As características químicas são conferidas através da presença em maior ou menor intensidade tanto de matéria orgânica como de inorgânica, enquanto que as físicas são consequência da presença de sólidos, que podem estar em suspensão (exemplo silte e argila), dissolvidos (exemplo colóides) ou em solução (exemplo sais e corantes). As características biológicas são inerentes a presença de seres vivos ou mortos, principalmente de vida microscópica animal e vegetal, moneras, protistas e vírus (ADDHITYAN, 2000).

3.3.2 Algumas características químicas das águas naturais

Em estudo realizado por Lisboa et al. (1992) a importância química da água está no fato do seu poder de dissolver em maior ou menor intensidade de quase todas as

substâncias. Após a precipitação, especialmente na forma de chuva, a água escoar superficialmente ou se infiltra. Por isso toda a água natural contém gases e sais minerais em solução adquiridos através do contato da água com o ar e, principalmente, com o solo. As águas subterrâneas têm sua qualidade afetada pelas condições naturais do solo, em função da incorporação de impurezas ocorridas durante a precipitação, ao longo do escoamento superficial e no processo de infiltração e percolação, mesmo que as condições naturais da bacia sejam as mais preservadas possíveis ou mesmo inexploradas. Neste caso os principais fatores de influência são a cobertura e a composição do solo.

Em áreas já habitadas ou exploradas pelo homem a qualidade da água está sujeita ao uso e ocupação do solo. A presença humana normalmente gera despejos domésticos e de processos de transformação, Mesmo que a ocupação seja eminentemente rural, esses tipos de impurezas estarão presentes, embora na maioria das vezes mais dispersas. Em áreas agrícolas a qualidade natural da água pode ser perigosamente alterada pela incorporação de defensivos que atingem o solo e são carreados pelo escoamento superficial, especialmente quando da ocorrência de precipitações atmosféricas. As características mais importantes para se qualificar quimicamente uma água são: pH, acidez, alcalinidade, cloretos, dureza, sólidos, condutividade elétrica, elementos e compostos químicos especiais e gases dissolvidos (Salve et al., 2008).

3.3.3 Chuva Ácida

O termo chuva ácida significa a precipitação de componentes ácidos comumente encontrados em chuvas, neves, neblinas ou partículas secas, cuja definição mais adequada seria “precipitação ácida” (MACEDO 2000).

A poluição gerada pelas fábricas e carros, que queimam combustíveis fósseis, como o carvão e o petróleo, um pouco se precipita, depositando-se sobre o solo e árvores, e a outra parte circula na atmosfera e se mistura com o vapor de água, passando a existir o risco de chuva ácida. Essas chuvas adquirem assim um efeito corrosivo para a maioria dos metais, calcário e outras substâncias conforme Figura 4.

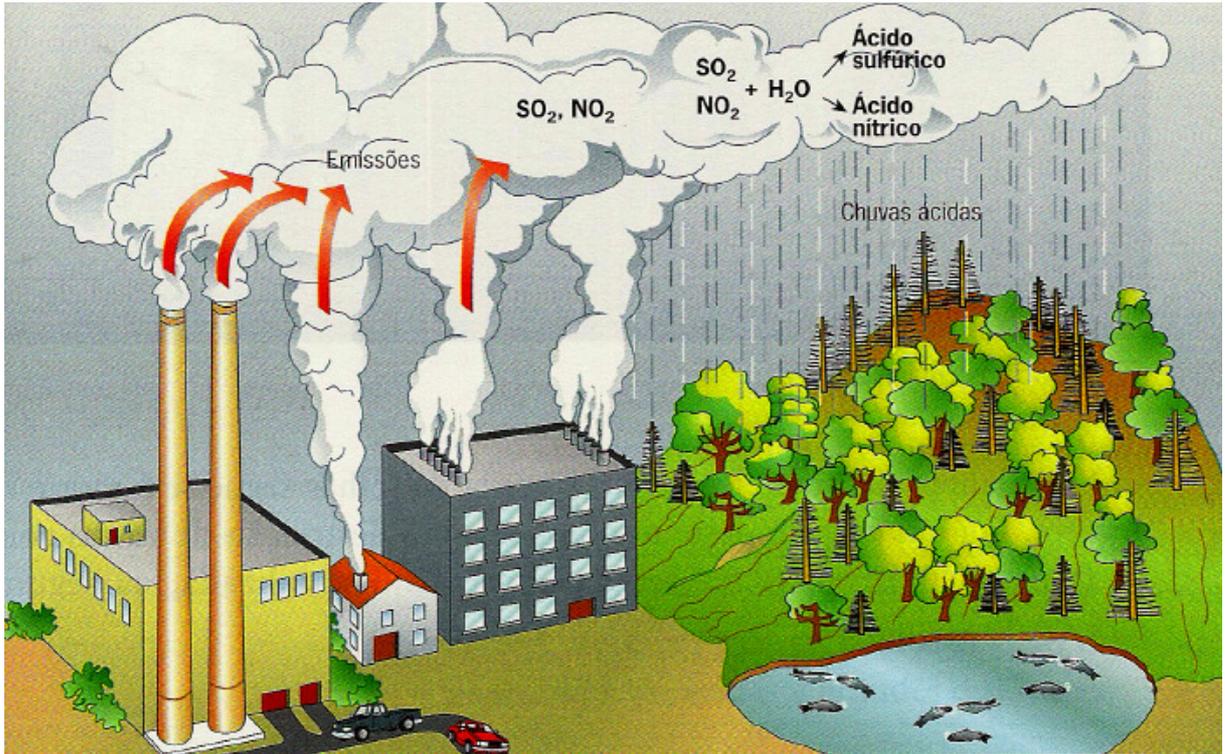


Figura 4: Chuva ácida.
Fonte: SUPER ABRIL, 2014

4. PADRÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA

A qualidade de uma água é definida em função do tipo e quantidade de impurezas presentes na mesma. As características qualitativas da água indicam os usos mais apropriados que dela podem ser feitos e podem ser traduzidas na forma de parâmetros de qualidade da água. Estes parâmetros são divididos em três classes: parâmetros físicos, parâmetros químicos e parâmetros biológicos.

4.1 Parâmetros físicos

Estão relacionados com a presença de sólidos e gases na água.

4.1.1 Sólidos

Os sólidos são definidos como todas as impurezas presentes na água, com exceção dos gases dissolvidos. De acordo com o tamanho das partículas os sólidos podem ser classificados em suspensos e dissolvidos. Os sólidos suspensos são constituídos principalmente de matéria orgânica e sedimentos de erosão e compõem a fração das partículas que fica retida após a passagem de uma amostra de volume conhecido por uma membrana filtrante com poro igual a 1,2 μm . Os sólidos dissolvidos representam a fração da amostra que passa pela membrana de 1,2 μm .

4.1.2 Temperatura

A temperatura é uma medida da intensidade de calor. Temperaturas elevadas têm como consequência o aumento das taxas das reações físicas, químicas e biológicas além da diminuição de solubilidade dos gases como o oxigênio dissolvido.

4.1.3 Condutividade

A condutividade é definida como a capacidade da água de transmitir corrente elétrica. Os sólidos dissolvidos são os constituintes responsáveis pela condutividade que pode ser utilizada como medida indireta da presença de sais.

4.1.4 Cor

Os sólidos dissolvidos são os principais responsáveis por conferir coloração à água. A cor pode ser classificada em aparente e verdadeira. No valor da cor aparente pode estar presente a parcela causada pela turbidez e quando esta é removida tem-se a cor verdadeira.

4.1.5 Turbidez

A turbidez representa o grau de alteração à passagem da luz através da água. Os sólidos suspensos são os principais responsáveis pela turbidez causando difusão e a absorção da luz. Valores elevados podem reduzir a ação do cloro em processos de desinfecção e servir de abrigo para microrganismos.

4.2 Parâmetros químicos

São aqueles que indicam a presença de alguns elementos ou compostos químicos.

4.2.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O potencial hidrogeniônico (pH) representa a concentração de íons hidrogênio H^+ (em escala antilogarítmica). Os sólidos dissolvidos e gases dissolvidos são os principais constituintes que alteram o pH. Sua faixa de variação é de 0 a 14. O valor do pH indica a condição de acidez ou alcalinidade da água. Valores baixos de pH (menores que 7) no pH indicam potencial corrosividade e agressividade da água, o

que pode levar à deterioração das tubulações e peças por onde essa água passa. Valores elevados de pH podem levar ao surgimento de incrustações em tubulações.

4.2.2 Dureza

A Dureza representa a concentração de cátions multimetálicos em solução (Ca^{2+} e o Mg^{2+}). A dureza pode ser classificada em dureza carbonato (temporária, correspondente à alcalinidade, associada a HCO_3^- e CO_3^{2-}) e dureza não carbonato (permanente, associada a ânions como Cl^- e SO_4^{2-}). Os constituintes responsáveis são os sólidos dissolvidos originários da dissolução de minerais contendo cálcio e magnésio. A principal consequência das águas duras é a redução na formação de espumas e o surgimento de incrustações nas tubulações de água quente.

4.2.3 Cloretos

Os cloretos são componentes resultantes da dissolução de sais. Os constituintes responsáveis estão na forma de sólidos dissolvidos. Em determinadas concentrações pode conferir sabor salgado à água.

4.2.4 Ferro e Manganês

O ferro e o manganês têm origem natural na dissolução de componentes do solo. Quando estão em suas formas insolúveis (Fe^{3+} e Mn^{4+}) podem causar cor na água e acarretar manchas durante a lavagem de roupas e em utensílios sanitários.

4.2.5 Fósforo

O fósforo presente na água sob a forma de sólidos em suspensão e sólidos dissolvidos. É encontrado sob as formas de ortofosfato (forma mais simples, diretamente disponível), polifosfato (forma mais complexa) e fósforo orgânico. Pode ser originário de compostos biológicos, células e excrementos de animais.

4.2.6 Nitrogênio

O nitrogênio está presente na forma de sólidos em suspensão e sólidos dissolvidos. Na água pode estar sob as seguintes formas: nitrogênio molecular (N_2), nitrogênio orgânico (dissolvido ou em suspensão), amônia (livre NH_3 e ionizada NH_4^+), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-). Pode ter origem em proteínas, compostos biológicos, células e excrementos de animais. A forma predominante do nitrogênio pode informar o estágio da poluição. Assim, quando predomina o nitrogênio orgânico ou amônia a poluição é recente e quando predomina o nitrato a poluição é remota.

4.2.7 Sulfatos

Os constituintes responsáveis por este parâmetro estão na forma de sólidos dissolvidos. O íon sulfato pode ser um indicador de poluição de uma das fases da decomposição da matéria orgânica e dependendo da concentração pode produzir efeitos laxativos.

4.2.8 Matéria Orgânica

A matéria orgânica pode ter origem natural ou antropogênica e é mensurada através do consumo de oxigênio dissolvido na água. A matéria carbonácea (com base no carbono orgânico) divide-se em fração não biodegradável (em suspensão e dissolvida) e fração biodegradável (em suspensão e dissolvida). Devido à variedade de compostos presentes na matéria orgânica são utilizadas medidas indiretas para sua quantificação, como: a DBO (demanda bioquímica de oxigênio) e a DQO (demanda química de oxigênio). A DBO representa uma indicação aproximada da matéria orgânica biodegradável. Na DQO a oxidação da matéria orgânica é realizada com o uso de um oxidante (dicromato de potássio) em meio ácido.

De acordo com Von Sperling (2005) a relação entre DQO e DBO pode indicar a composição da matéria orgânica. Uma relação DQO/DBO₅ baixa (menor que 2,5) indica que a fração biodegradável é elevada e uma relação DQO/DBO₅ alta

(valores maiores que 3,5 ou 4) significa que a fração inerte (não biodegradável) é elevada.

4.3 Parâmetros biológicos

Os parâmetros biológicos indicam a presença de seres vivos na água.

4.3.1 Coliformes Totais

Os coliformes totais são bactérias do grupo coliforme são utilizadas como organismos indicadores de contaminação. Geralmente não são patogênicas, mas indicam a possibilidade da presença de organismos patogênicos. Os coliformes totais indicam as condições higiênicas e podem estar presentes inclusive em águas e solos não contaminados.

4.3.2 Coliformes Termotolerantes

Os coliformes termotolerantes são grupos de bactérias originário predominantemente do intestino humano e de outros animais. A principal bactéria do grupo é *Escherichia coli*, abundante nas fezes homens e de animais de sangue quente. Sua presença na água constitui indicação de contaminação por fezes e algumas espécies de *Escherichia coli* são patogênicas.

Para ser considerada potável a água da chuva deve ser purificada e sua qualidade deve atender a determinados padrões de potabilidade. O processo de purificação tem custo relativamente elevado e se justifica quando não há outra fonte para abastecimento doméstico ou o uso em uma indústria com elevado consumo de água potável.

5. O PROBLEMA DA DISPONIBILIDADE E DA ESCASSEZ DA ÁGUA

A falta de água de boa qualidade é de conhecimento de todos e vem aumentando ano após ano, devido ao crescimento da população, falta de chuvas e a contaminação dos mananciais. O consumo per capita vem aumentando e a população triplicou nos últimos cinquenta anos, cerca de 25% da população mundial está caminhando para enfrentar a falta de água. (BRASIL, 2006)

Conforme Demandoro e Mariotoni (2001), ao analisarem a disponibilidade dos recursos hídricos em treze metrópoles, mostrou que as cidades como São Paulo, Campinas, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Recife, Fortaleza e Brasília apresentam situações mais críticas em relação à disponibilidade hídrica per capita, já as regiões de Porto Alegre, Belém e Manaus não apresentou problemas de disponibilidade, uma vez que estão inseridas próximas a fontes de vazão elevada.

Segundo Oliveira (2009), na região nordeste do Brasil algumas localidades a disponibilidades hídrica é inferior a 500 m³/hab/ano.

O volume de água disponível no planeta, considerando a degradação acelerada dos corpos hídricos, é provável que num futuro próximo a obtenção de água estará dificultada, será necessário utilizar métodos de tratamento de água muito mais complexos como tratamento de esgoto e a dessalinização da água salgada. Com estes métodos ocorrerá um aumento no valor para aquisição de água e possivelmente as pessoas com poder aquisitivo menor sofrerão para ter água de boa qualidade.

Segundo Tucci (2001), o Brasil possui 50% dos recursos hídricos superficiais da América do Sul e mundialmente representa 11% dos recursos. Mesmo com grande disponibilidade de água, a água é mal distribuída no Brasil conforme mostra a Figura 5.

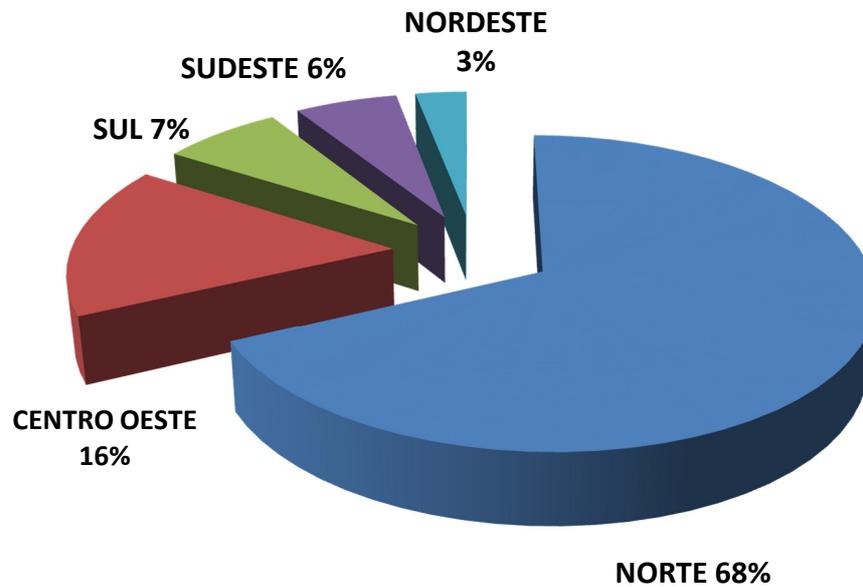


Figura 5: Disponibilidade hídrica por região no Brasil.

Fonte: Adaptado ANA, 2014.

Sabe-se que as regiões Sudeste e Nordeste contêm a maior parte da população brasileira e, no entanto, dispõem das menores reservas de água do país. Na região Sudeste, além da pouca existência de fontes, o problema da escassez é agravado pela poluição dos rios devido à atividade industrial, insumos agrícolas, poluentes e despejos urbanos. Grande parte da água que abastece a cidade de São Paulo é introduzida de outras bacias e somente um dos quatro sistemas de abastecimento que fornecem água para a cidade situa-se nos limites do município.

O Sistema Cantareira que abastece distritos das zonas norte e central, parte das zonas leste e oeste e mais dez municípios da região metropolitana de São Paulo capta suas águas a mais de 100 km de distância (SVMA, 2004).

De acordo com Oliveira (2009), para reverter essa situação será necessário investir na captação de água em residências, edifícios, indústrias e comércios assim melhorando o uso racional da água, tais como descarga reduzida e torneiras economizadoras.

Uma das alternativas para melhorar a utilização da água em zonas urbanas para fins não potáveis é a captação da água de chuva e é imprescindível que se conheça a qualidade da água de chuva.

5.1 Consumo de água

O ser humano necessita de quantidade suficiente de água, pois se utiliza dela para diversas atividades que desempenha durante o dia, como: preparação de alimentos, higiene pessoal, descargas de banheiro, lavagem de roupa.

Na Tabela 1 está apresentado o consumo de água por diferentes formas de uso segundo a SABESP (2014).

Tabela 1: Consumo de água.

PONTOS DE UTILIZAÇÃO	USO TOTAL (%)
Bacia sanitária	29
Chuveiro	28
Pia da Cozinha	17
Máquina de lavar roupa	9
Lavatório	6
Tanque	6
Máquina de lavar louça	5

Fonte: SABESP, 2014

O consumo médio *per capita* de água é definido pelo SNIS (2014), como o volume de água consumido, excluído o volume de água exportado, dividido pela população atendida com abastecimento de água, ou seja, é a média diária, por indivíduo, dos volumes utilizados para satisfazer os consumos domésticos, comercial, público e industrial.

De acordo Conselho Mundial da Água, o consumo doméstico representa 10% total de água consumida, contra 66% da agricultura, 20% da indústria e os outros 4% evaporam naturalmente. O consumo de água per capita varia de país para país e de lugar para lugar, sendo significativamente maior nos países desenvolvidos, por exemplo o Distrito federal é 33% menor o seu consumo comparado como Canadá (SENADO, 2014)

A ONU (2014), considera que cada pessoa precisa de pelo menos 50 litros diários de água, para beber, tomar banho, cozinhar e outras necessidades. Atualmente, mais de 1,1 bilhão de pessoas já não contam com esse mínimo. Para 2025, espera-se que essa cifra aumente para dois terços.

Aprende-se na escola que 70% da superfície da terra são cobertos por água. E que 97% dessa água estão nos oceanos, portanto, é salgada e imprópria para consumo humano ou mesmo para uso em irrigação. Dos 3% restantes de água potável, apenas um décimo está em rios e lagos – os outros 90% estão congelados.

O consumo *per capita* é o volume de água diário, requerido por indivíduo, usualmente expresso em L/hab.dia. Esse valor é adotado, nos projetos de sistemas de abastecimento de água, para satisfazer aos consumos doméstico, comercial, industrial e público, bem como às perdas físicas. (ABNT, 1992).

O Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD, 2014) relata que o aumento do consumo de água está relacionada com crescimento econômico dos países, quanto maior o PIB maior o consumo, como mostra a Figura 6.

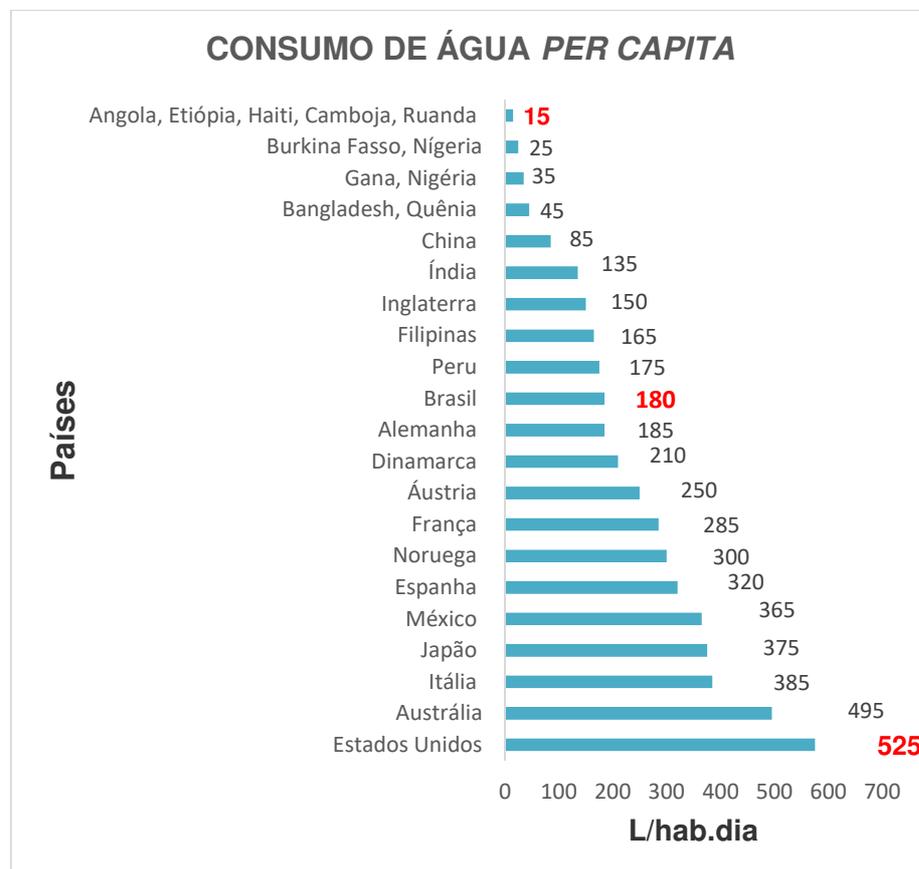


Figura 6: Consumo de água *per capita* no mundo.**Fonte:** PNUD, 2014.

Segundo o SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS, 2012) o consumo médio de água no Brasil, envolvendo os setores comercial, residencial, público e industrial, está na faixa de 162 litros por habitante/dia, sendo que a média dos últimos três anos foi de 152,6 L/hab.dia. No entanto, há grandes variações nesse consumo: enquanto o Estado de Alagoas apresentou média de 96,0 L/hab.dia, o menor consumo médio do país, o Estado do Rio de Janeiro obteve média de consumo de 237,8 L/hab./dia. A Tabela 2 mostra o consumo médio de água per capita nos estados e no Distrito Federal.

Tabela 2: Consumo médio *per capita* de água nos Estados e Distrito Federal.

Unidade Federal – UF	Consumo médio per capita (L dia⁻¹)
Acre	118,7
Amazonas	133,3
Amapá	156,7
Pará	151,4
Rondonia	94,0
Roraima	154,7
Tocantins	118,2
Alagoas	89,7
Bahia	122,1
Ceará	151,8
Maranhão	115,4
Paraíba	98,0
Pernambuco	85,1
Piauí	103,5
Rio Grande do Norte	126,8
Sergipe	119,1
Espírito Santo	192,4
Minas Gerais	142,5
Rio de Janeiro	205,8
São Paulo	175,0
Paraná	127,0
Rio Grande do Sul	143,7
Santa Catarina	134,0
Distrito Federal	182,9
Goiás	127,1
Mato Grosso do Sul	122,4
Mato Grosso	165,4

Fonte: SNIS (2014).

Segundo Tsutiya (2006), o consumo de água de um determinado setor de abastecimento pode ser determinado por um dos métodos: leitura dos hidrômetros, leitura do macromedidor instalado na saída do reservatório que abastece o setor.

De acordo com Netto *et al.* (1998), o consumo de água é influenciado por fatores como o clima, o padrão econômico da população, o número de habitantes, os hábitos da população, o sistema de fornecimento e cobrança da água, o custo da água entre outros. Em geral, quanto maior o número de habitantes de uma cidade, maior é o consumo de água. Isto ocorre por exemplo nas regiões do Brasil, conforme ilustrado na Tabela 3.

Tabela 3: Consumo médio de água em cada região do Brasil.

Região	Consumo Médio de Água – l/hab.dia)
Nordeste	112,0
Norte	132,4
Sul	134,9
Centro Oeste	149,5
Sudeste	178,9
Brasil	141,5

Fonte: SNIS, 2014

No Brasil, em residências de cidades de porte médio o consumo chega a 200 litros por habitante por dia, podendo elevar-se até 400 litros em bairros de nível econômico mais elevado e reduzir-se para valores de 120 litros por habitante por dia em cidades de menor porte. O consumo dos banheiros representa 70 a 82% do consumo total de uma residência de porte médio (OLIVEIRA, 2004). O percentual de água consumida em cada atividade doméstica, para um consumo estimado de 200 litros por habitante por dia, como mostra Tabela 4.

Tabela 4: Porcentagem de água consumida por atividade doméstica para um consumo diário de 200 litros por habitante.

Aparelhos	Consumo (%)
Descarga de vaso sanitário	41
Chuveiro	37
Pia (Cozinha)	6
Bebida	5
Lavar roupas	4
Limpeza da casa	3
Lavar carros	1

Fonte: OLIVEIRA, 2004.

6. LEGISLAÇÃO SOBRE ÁGUA DE CHUVA

No Brasil o aproveitamento da água de chuva está se tornando cada vez mais difundido, existem algumas leis municipais e estaduais que incentivam a captar e aproveitar a água de chuva. Estas leis foram realizadas com intenção de diminuir o desperdício de água potável.

6.1 Lei Municipal nº 13.276 São Paulo Estado de São Paulo

Que torna obrigatório a execução de reservatório para água de chuvas coletadas por coberturas e pavimentos localizados em lotes ou edificações que tenham área impermeabilizados superior a 500 m². Diz que deverá ser instalado um sistema que conduza toda água captada a um reservatório, a água contida no reservatório deverá preferencialmente infiltrar-se no solo, podendo ser despejada na rede pública de drenagem após uma hora de chuva ou ser utilizada para finalidades não potáveis. Lei aprovada em 04 de Janeiro de 2002.

6.2 Lei Municipal nº 10.785 – Curitiba – Estado do Paraná

Incentiva o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE, que tem como objetivo instituir medidas que induzam à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para captação de águas nas novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água. A água das chuvas captada na cobertura das edificações e encaminhada a uma cisterna ou tanque, para ser utilizada em atividades que não requeiram o uso de água tratada, proveniente da Rede Pública de Abastecimento, tais como: rega de jardins e hortas, lavagem de roupa, de veículos, de vidros, de calçadas e de pisos. Leia aprovada em 18 de Setembro de 2003.

6.3 Lei Municipal nº 6.345 – Maringá – Estado do Paraná

Lei que instituí o Programa de reaproveitamento de águas de Maringá, com a finalidade de diminuir a demanda de água no município e aumentar a capacidade de atendimento da população. Através do programa os munícipes serão incentivados a instalar reservatórios para a contenção de águas servidas na base de chuveiros, banheiras, lavatórios e em outros locais julgados convenientes, bem como para o recolhimento de águas das chuvas, e também dispositivos para a utilização dessas águas na descarga de vasos sanitários e mictórios e lavagem de pisos, terraços e outros procedimentos similares. Lei aprovada em 15 de Outubro de 2003.

6.4 Lei Estadual nº 4.693 – Estado do Rio de Janeiro

Lei que dispões sobre a obrigatoriedade das empresas projetistas e de construção civil a prover os imóveis residenciais e comerciais de dispositivo para captação de água da chuva. Ficam as empresas projetistas e de construção civil no Estado do Rio de Janeiro, obrigadas a prover coletores, caixa de armazenamento e distribuidores para água da chuva, nos projetos de empreendimentos residenciais que abriguem mais de 50 famílias ou nos empreendimentos comerciais com mais de 50 m² de área construída. As caixas coletoras de água da chuva serão separadas das caixas coletoras de água potável, a utilização da água da chuva será para usos secundários como lavagem de prédios, de automóveis, rega de jardins, limpeza de banheiros, entre outros, não podendo ser utilizada nas canalizações de água potável. Lei aprovada em 16 de Setembro de 2004.

6.5 Lei Estadual nº 5.722 – Estado de Santa Catarina

Lei que obriga edifícios com um número igual ou superior a três pavimentos e área superior a 600 m² a instalarem sistema de captação, tratamento e aproveitamento

de água de chuva. Fazem parte desta lista também os motéis, hotéis pousadas e similares com número igual ou superior a oito apartamentos dotados de banheiros e recomenda a utilização da água em ambientes externos como irrigações de jardins e hortas, lavagem de garagem e de pisos. Lei aprovada em 2006.

6.6 Lei Municipal nº 12.474 – Campinas/São Paulo

Lei que institui o Programa Municipal de Conservação, Uso Racional e Reutilização de Água em Edificações, que tem como objetivo promover a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água. A lei incentiva o uso de medidores de água individualizados nos apartamentos e a utilização de bacias sanitárias acopladas, assim economizando água. Lei aprovada em 16 de Janeiro de 2006.

6.7 Lei estadual nº 12.526 – São Paulo

Lei que obriga a implantação de sistema para captação e retenção de águas pluviais, coletadas por telhados, coberturas, terraços e pavimentos descobertos em lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500 m², com os seguintes objetivos: reduzir a velocidade de escoamento de águas pluviais para bacias hidrográficas em áreas urbanas com alto coeficiente de impermeabilização do solo e dificuldade de drenagem, controlar a ocorrência de inundações, amortecer e minimizar os problemas das vazões de cheias, contribuir para a redução do consumo e o uso adequado da água potável tratada. Cita as possíveis utilizações para água de chuva como irrigação de gramados e plantas, controle de poeira, limpeza de pisos, carros, calçados, uso em descargas de vaso sanitários, entre outro, não sendo recomendado o consumo direto e o uso no preparo de alimentos e na higiene pessoal. Lei aprovada em 02 de Janeiro de 2007.

6.8 Política Nacional Recursos Hídricos

6.8.1 Lei 9.433 de 1997

Esta Lei baseia-se nos fundamentos de que a água é um bem de domínio público, um recurso natural limitado, dotado de valor econômico e diz ainda que em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano, animais e também relata que se deve assegurar para a atual e futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos.

6.9 Normas e Portarias sobre qualidade da água

6.9.1 NBR 15.527 – ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

Esta norma fornece os requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, em que as águas de chuva podem ser utilizadas como por exemplo, descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios e usos industriais. Em relação à qualidade da água, a norma preconiza o que deverá ser definida pelo projetista de acordo com a utilização prevista na norma, são citados alguns parâmetros de qualidade para uso não potável, conforme Tabela 5.

Tabela 5: Parâmetros de qualidade de água de chuva para uso restritivo não potáveis.

Parâmetros	Período de Análise	Valor
Ph	Mensal	pH entre 6,0 a 8,0
Cor Aparente	Mensal	< 15 U _h
Turbidez	Mensal	<50 uT,
Cloro residual livre	Mensal	0,5 a 0,3 mg L ⁻¹
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 MI
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100 mL

Fonte: Adaptado de: ABNT, 2007

6.9.2 Portaria nº 518 do Ministério da Saúde

Estabelece os procedimentos e responsabilidade relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. A portaria apresenta uma lista de parâmetros para o padrão microbiológico de potabilidade, padrão para substâncias químicas para que representam risco à saúde, padrão de radioatividade para água potável e padrão de aceitação para consumo humano.

6.9.3 Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA

A resolução do CONAMA nº 274 estabelece o padrão de qualidade das águas destinada à recreação (balneabilidade) de contato primário, sendo entendido como um contato direto e prolongado com a água, no que inclui natação, mergulho, esqui-aquático, entre outros, onde há possibilidade de ingestão da água. O padrão estabelece a qualidade da água em função da presença de coliformes termotolerantes, *Escherichia coli*, *Enterococos* e pH. Na Tabela 6 pode-se observar a classificação das águas conforme a resolução.

Tabela 6: Classificação da água quanto ao padrão de balneabilidade.

	Coliformes termotolerantes (NMP em 100mL)	<i>Escherichia coli</i> (NMP em 100mL)	<i>Enterococos</i> (NMP em 100mL)	Ph
Excelente	250	200	25	–
Muito boa	500	400	50	–
Satisfatória	1000	800	100	–
Imprópria	>2500	>2000	>400	pH<6,0 ou >9,0

Fonte: Adaptado de: CONAMA, 2000

7. UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA

A utilização da água de chuva no Brasil segundo Peters (2006), ocorreu em 1943 através da construção de um sistema construído pelo exército americano na ilha de Fernando de Noronha.

No estado de Santa Catarina utilizou-se água de chuva pela primeira vez na Fortaleza de Ratonos no século XVIII, pois a ilha não tinha fontes de água, onde-se coletou água dos telhados e armazenada em uma cisterna, no qual à água foi utilizada para consumo humano e em vários outros fins (PETERS, 2006).

A fábrica do refrigerante Coca-Cola no estado do Paraná realiza a captação e a utilização da água de chuva em seu processo industrial, onde à água captada do telhado é armazenada em uma cisterna e depois de passar por equipamentos de filtração, a água é tratada e utilizada na produção dos refrigerantes (CARDOSO, 2009).

As águas das chuvas não podem ser negligenciadas nas discussões, tanto para o consumo humano, quanto para o desenvolvimento de outras atividades. Na região Nordeste do Brasil ela é fundamental para suprir as necessidades de uso doméstico e das atividades na agricultura (HANSEN, 1996).

A água da chuva tem em sua composição diversas substâncias. Em áreas urbanas ela contém por exemplo componentes prejudiciais ao homem tais como dióxido de enxofre e os óxidos de nitrogênio emitidos pelos automóveis e pelas indústrias. A contaminação da água da chuva também ocorre através de impurezas localizadas nos telhados tais como fuligem e dejetos de animais. A maior contaminação se dá na primeira chuva, após um longo período de estiagem. O primeiro milímetro de chuva não deve ser utilizado, pois esta água geralmente encontra-se contaminada pelo telhado, devendo assim ser descartada (GROUP RAIN DROPS, 2002).

A água da chuva é muito utilizada em regiões onde a escassez e o acesso à água é difícil como no nordeste brasileiro, em áreas urbanas a utilização de água de chuva vem adquirindo espaço como forma de economizar água e na conta principalmente, para lavagem de calçadas e carros, irrigação de horta e jardins, além de contribuir para o meio ambiente minimizando as enchentes.



Figura 7: Reaproveitamento da água de chuva.
Fonte: ARQSUSTENTAVEL, 2014

8. MATERIAL E MÉTODOS

8.1 Área de estudo

O município de Fernandópolis localiza-se a noroeste do Estado de São Paulo, Brasil conforme mostra a Figura 8.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2014.), a cidade tem uma população de 64.696 habitantes com uma área de 550 km².

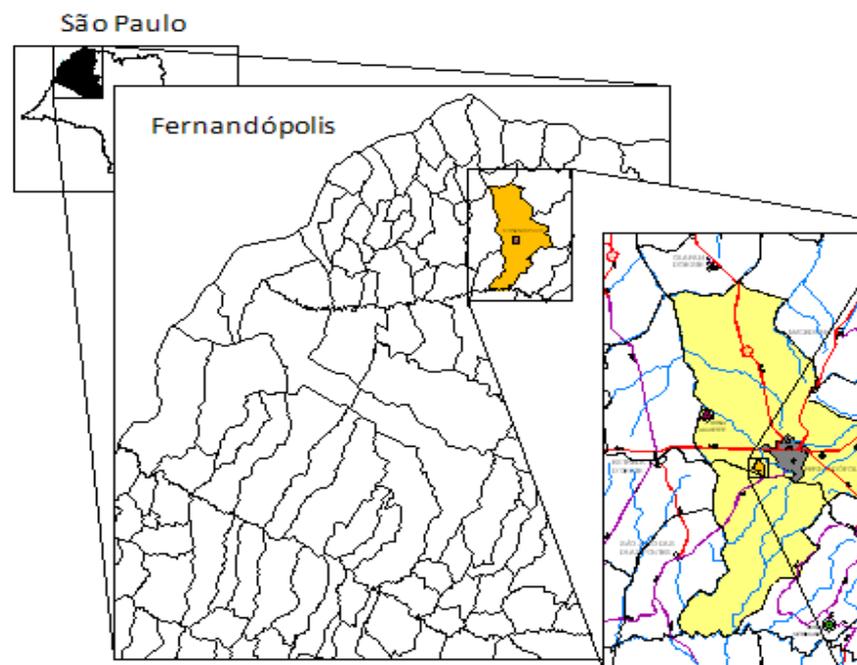


Figura 8: Localização município de Fernandópolis, São Paulo.
Fonte: VANZELA, 2014.

8.2 Coleta água da chuva

Na Figura 9 encontram-se mapeados os bairros do município de Fernandópolis, onde pode-se observar a localização dos pontos de coleta de amostras nos bairros: Brasilândia (4), Coester (20), COHAB João Pimenta (24), Jardim Pôr do Sol (56), Jardim Rosa Amarela (58), Jardim São Lucas (65), Jardim Ipanema (74) e Residencial Liana (94). Coletou-se a água em frascos de vidro previamente esterilizados com capacidade de 500 mL a partir dos telhados de cerâmica das

residências (Figura 10) e diretamente da atmosfera sem contato com o telhado, em um reservatório a uma altura de 0,70 metros do solo conforme mostra Figura 11.

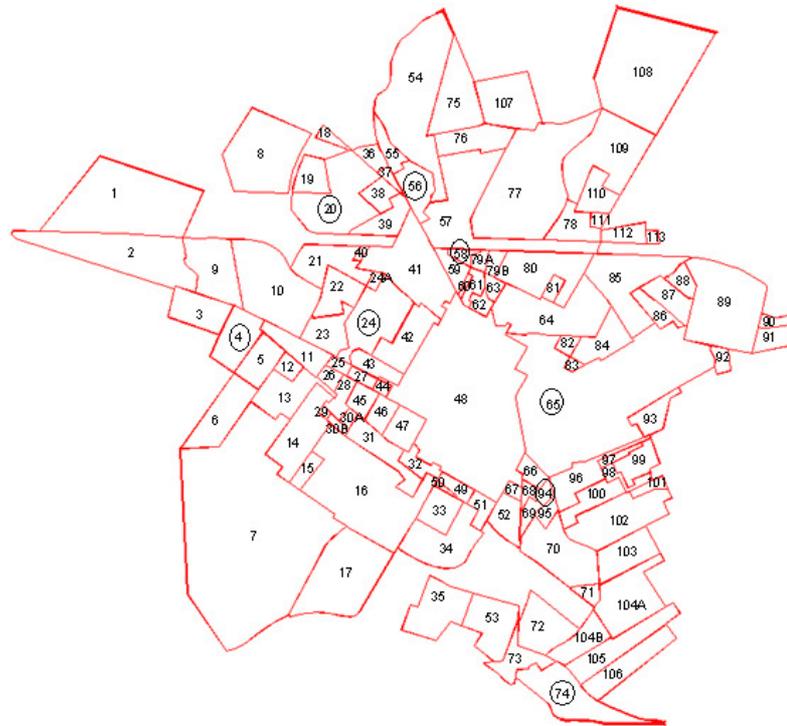


Figura 9: Mapa do município de Fernandópolis e a localização dos bairros.
Fonte: PMF, 2014

Em cada ponto foram coletadas 4 amostras que constituíram as repetições.



Figura 10: Telhado de Cerâmica.
Fonte: Próprio Autor



Figura 11: Reservatório coleta água diretamente da atmosfera.
Fonte: Próprio Autor

Descartaram-se os primeiros milímetros de chuva por esta apresentar um elevado grau de contaminação como constatado pela literatura (MELO, 2007). As amostras foram encaminhadas ao laboratório da Universidade Camilo Castelo Branco para realização das análises microbiológicas e os coliformes totais (*Escherichia coli*), pH determinado por potenciômetro e condutividade determinada por condutivímetro, os parâmetros físico-químicas, como a turbidez determinada pelo método nefelométrico, a dureza determinada pelo método de titulação com EDTA, a alcalinidade determinada pelo método de titulação com hidróxido de sódio, os cloretos determinado pelo método de titulação com nitrato de prata, os sulfatos, a DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio determinada pelo método de incubação com diluição e a DQO (Demanda Química de Oxigênio) determinada pelo método de refluxo aberto pelo laboratório LABORLAB análise de água e solo (STANDARD, 1985).

A análise de variância foi realizada pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey.

9.RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 12 apresenta os valores de pH nos diferentes locais de estudo. O pH da água coletada após a passagem pelos telhados variou entre 6,4 a 7,3 e os valores obtidos nas amostras coletadas diretamente da atmosfera variou entre 5,5 a 5,8, sendo significativo o aumento do pH causado pela passagem pelo telhado.

Existe uma tendência de aumento do pH da água da chuva após passagem pelos telhados como verificado por (PETERS, 2006), que comparou a qualidade da água coletada de telhados constituídos de cimento amianto, cerâmica e concreto. Esse comportamento se dá pelo fato de que ao passar pelos telhados o pH é modificado, pela influência dos materiais encontrados na superfície do telhado, como a cerâmica no presente estudo. Conforme a Resolução CONANA 357/2005, os valores médios para este parâmetro devem estar acima de 6,0, valor encontrado para a água que passou pelo telhado.

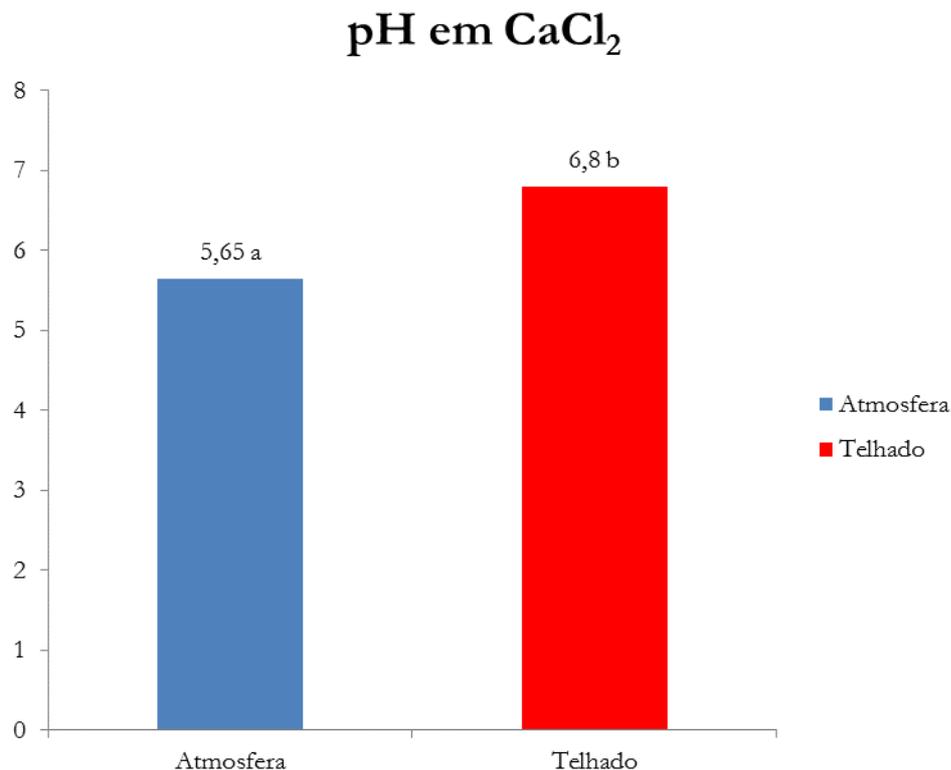


Figura 12: Valores médios de pH.

Observou-se uma elevação significativa nos valores de condutividade quando comparadas as amostras coletadas diretamente da atmosfera com as que

passaram pelo telhado (Figura 13). Tal ocorrência deve-se ao fato da presença de impurezas nos telhados, muitas delas na forma de sólidos dissolvidos. Em trabalho realizado em Florianópolis, (JAQUES, 2005) a condutividade da água de chuva sem passar pelos telhados variou de 10 a 23 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e os valores das amostras que passaram pelos telhados variaram de 11 a 75 μS . Os dados mostram que não há grande acúmulo de sais nos telhados na região de Fernandópolis/SP.

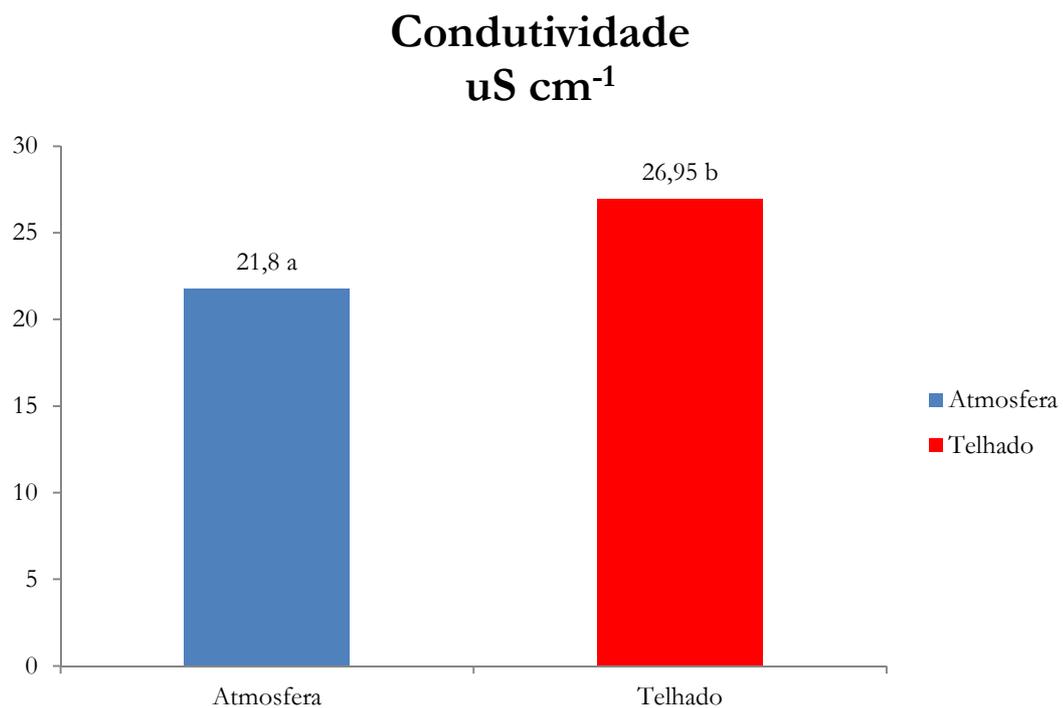


Figura 13: Valores médios de condutividade.

A Figura 14 mostra os valores de turbidez da água coletada da atmosfera e dos telhados, sendo os maiores valores encontrados nas amostras coletadas dos telhados, variando entre 25,7 a 26,4 unidades de turbidez (NTU), já o valor de turbidez das amostras coletadas da atmosfera variou entre 12,7 a 13,4 NTU. Os valores de turbidez da água coletada no município de Fernandópolis assemelham-se aos encontrados por Hagemann (2009) ao analisar água da chuva coletada em telhado e da atmosfera nos municípios de Santa Maria e Porto Alegre no Rio Grande do Sul, onde os valores de turbidez variaram entre 04 e 35 NTU. De acordo com o CONAMA 357/2005 os valores de turbidez da água da chuva no município de Fernandópolis encontram-se muito acima dos valores recomendados que estão entre 2,0 a 5,0 NTU.

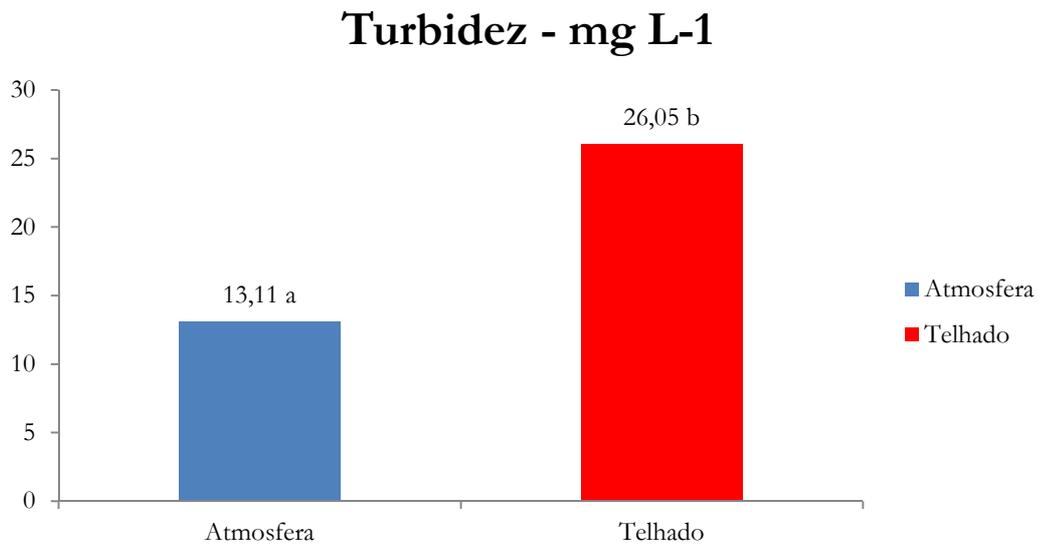


Figura 14: Valores Médios de turbidez.

A concentração de cloreto apresentou-se maior na água coletada dos telhados, variando entre 14 e 19 mg L⁻¹. A variação do teor de cloreto das amostras coletadas diretamente da atmosfera variou entre 12,6 a 13,7 mg L⁻¹, conforme pode ser observado na Figura 15. Na legislação a PORTARIA 518 e Resolução do CONAMA 357/2005 apresentam valores médio estabelecido de 250 mg L⁻¹, mostrando assim que a água do município de Fernandópolis encontra-se dentro do padrão de qualidade.

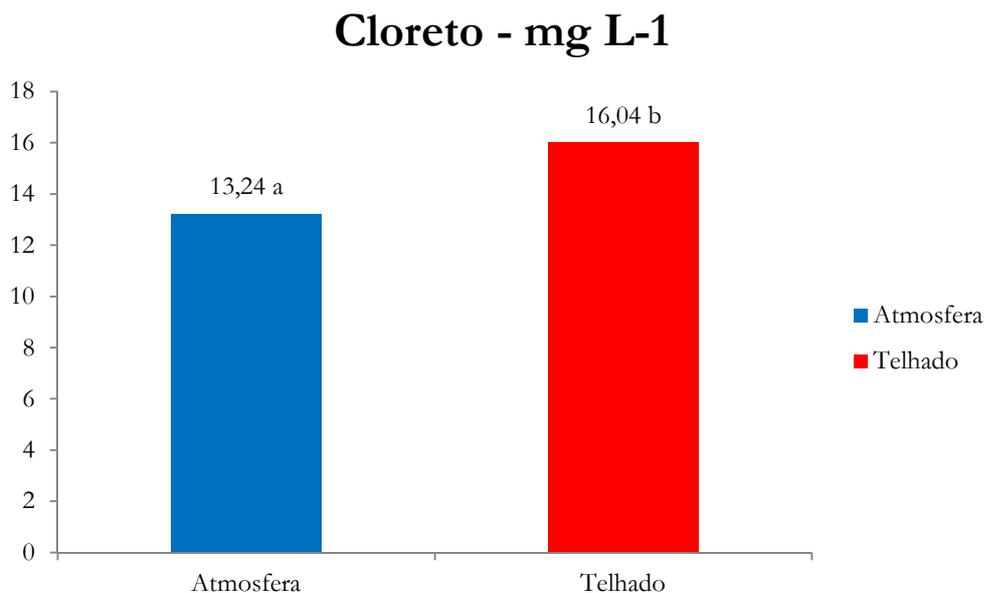


Figura 15: Valores médios de cloreto.

Na Figura 16, observa-se os valores de dureza da água coletada diretamente do ambiente apresentou valores de 4 a 6 mg L⁻¹ e a água coletada do telhado apresentou valores de 10 a 12 mg L⁻¹. A PORTARIA 518 apresenta valor médio de 500 mg L⁻¹ para o padrão dureza da água, as amostras tanto coletadas da atmosfera como dos telhados apresentaram valores inferiores, estando assim dentro do padrão de qualidade de acordo com a portaria. Destaca-se que a dureza da água ocorre devido à presença de sulfetos ou cloretos de cálcio ou magnésio em solução, conhecida como a característica da água de dificultar ou impedir a formação de espuma no uso do sabão. A água de chuva no município de Fernandópolis pode ser classificada como “mole” pois seus valores de dureza estão abaixo de 50 mg L⁻¹ (RICHTER e NETTO, 2000)

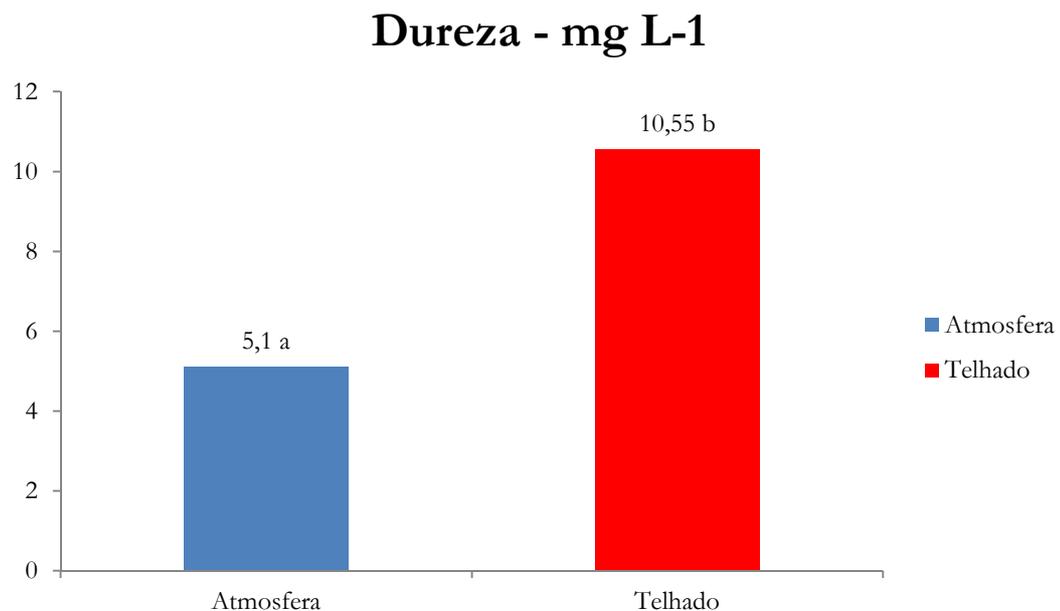


Figura 16: Valores médios de dureza.

A alcalinidade da água coletada diretamente do ambiente variou de 24 a 28 mg L⁻¹ e a água coletada dos telhados apresentou valores na faixa de 34 a 39 mg L⁻¹, conforme observa-se na Figura 17.

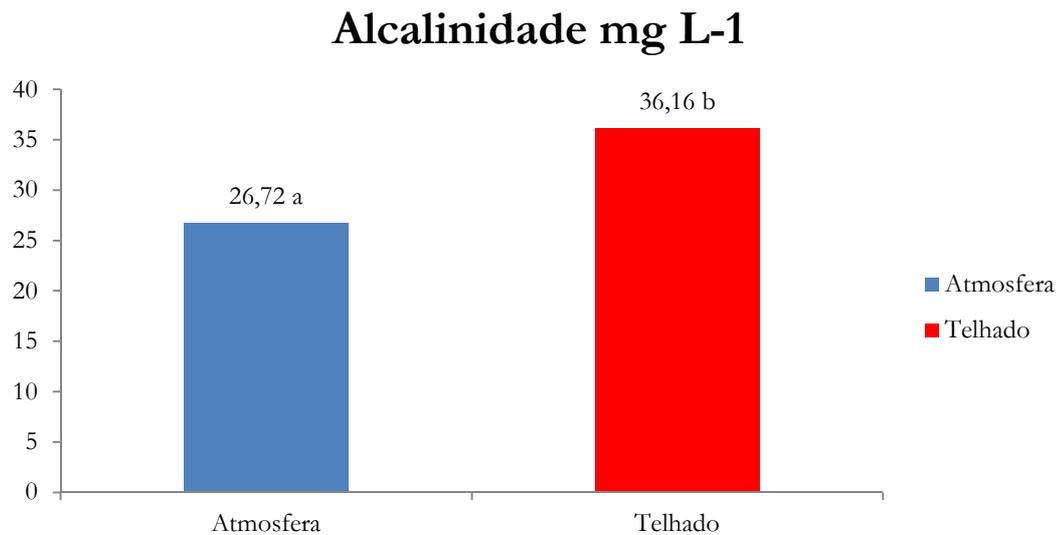


Figura 17: Valores médios de alcalinidade.

Para as amostras coletada diretamente do ambiente e dos telhados os valores de fósforo variaram de 1,1 a 1,5 mg L⁻¹ sofrendo variações, de acordo com a Figura 18. As amostras apresentaram valores acima do permitido conforme a resolução do CONAMA 357/2005 e também de acordo com Manual da Agência Nacional da Água (ANA), que diz respectivamente que deve apresentar os seguintes valores 0,3 mg L⁻¹ e 0,1 mg L⁻¹. Segundo MIGON; SANDRONI, 1999, elevadas concentrações de fósforo antropogênico podem ser depositadas por transporte atmosférico, particularmente produto de atividades humanas (industrial, incineração de biomassa, queimadas, etc.) e também as atividades agrícolas.

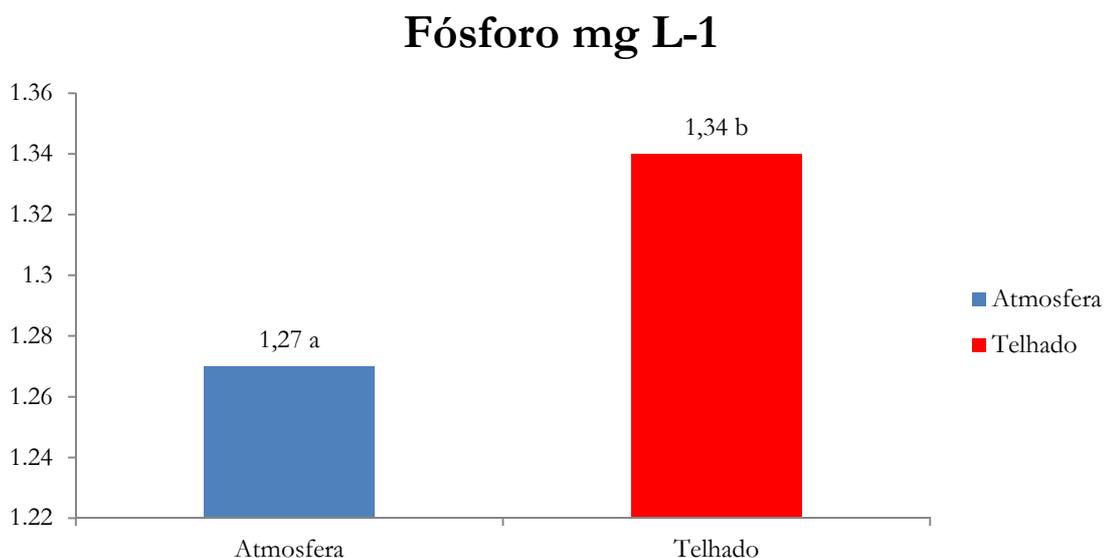


Figura 18: Valores médios de fósforo.

A Figura 19 apresenta as concentrações de sólidos totais que variou de 34 a 38 mg L⁻¹ para amostras coletadas diretamente do ambiente e variou entre 42 a 46 mg L⁻¹ para amostras coletadas dos telhados, mas encontra-se de acordo com a legislação brasileira.

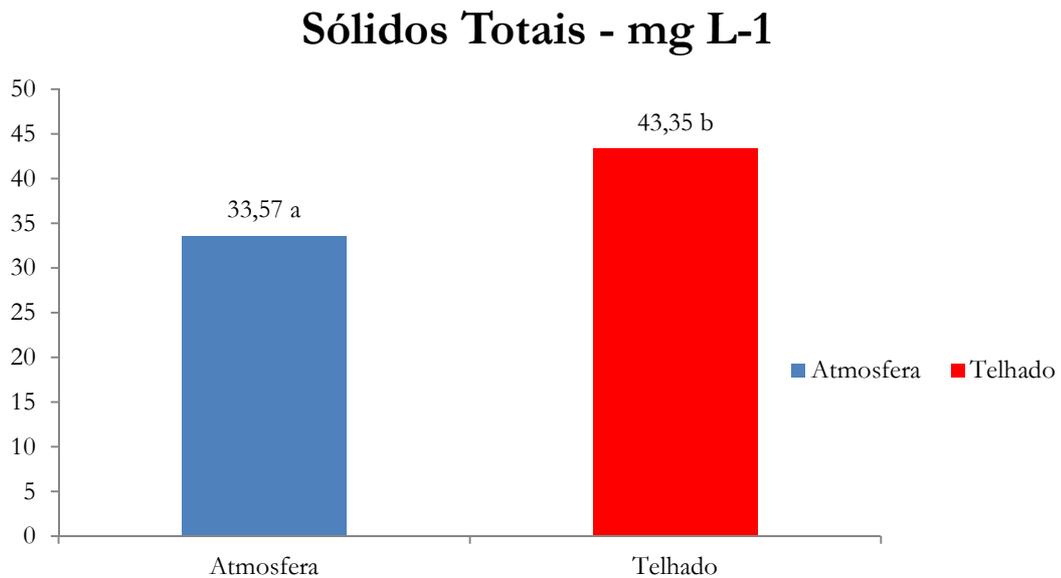


Figura 19: Valores médios de sólidos totais.

Nas amostras de água da chuva coletada diretamente do ambiente a DBO variou de 9 a 12 mg L⁻¹ e nas amostras coletada dos telhados apresentou uma variação de 17 a 23 mg L⁻¹, conforme pode-se observar na Figura 20. Hagemann (2009) em sua avaliação da água de chuva encontrou valores semelhantes que variam de 4 a 12 mg L⁻¹.

DBO - mg L⁻¹

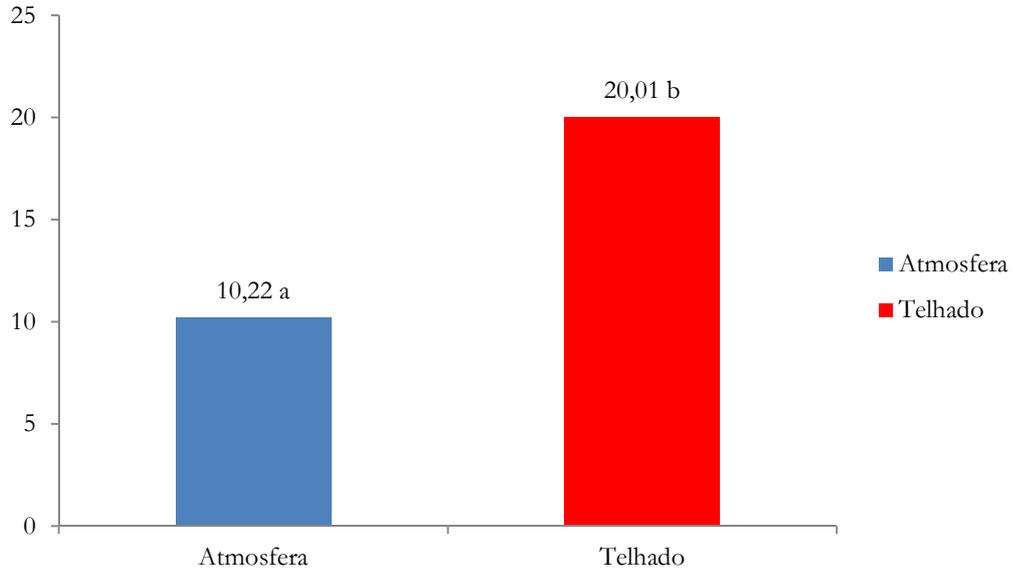


Figura 20: Valores Médios de DBO.

Na Figura 21 pode ser observado os valores de DQO, onde as amostras coleta diretamente do ambiente apresentou valores entre 51 a 62 mg L⁻¹ e as amostras coletadas dos telhados variou entre 77 a 82 mg L⁻¹. Apresentado diferença estatísticas, mas tanto a água coletada da atmosfera com a coletada dos telhados estão conforme os padrões exigidos pelas legislações brasileiras.

DQO - mg L⁻¹

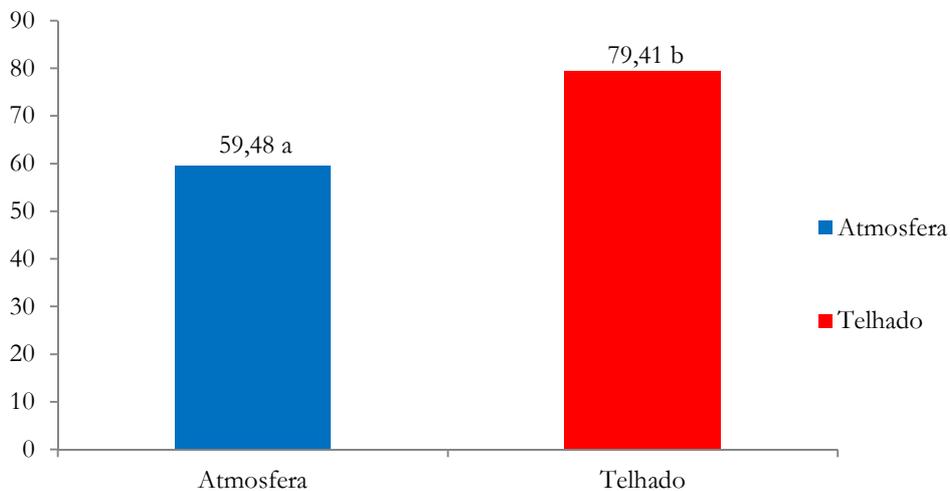


Figura 21: Valores médios de DQO.

A *Escherichia coli* é um membro do grupo dos coliformes e satisfaz a maior parte destes critérios sendo que sua presença em amostras de água pode indicar a contaminação por outros patógenos intestinais. VASCONCELLOS et al., (2006). Os microrganismos podem ser encontrados em animais de sangue quente como gatos, ratos e pássaros entre outros. Águas da chuva captadas diretamente de telhados é comum encontrar sua presença e de outros micro-organismos que se adaptam muito bem nestas condições para sobrevivência e reprodução FRANCO; LANDGRAF, (2005).

Os dados obtidos mostraram a presença de *Escherichia coli* na água coletada em todos os bairros, conforme Tabela 7, em que todos os bairros são positivos quanto ao teste do tubo de Durhan invertido e que os bairros do Conjunto Habitacional João Pimenta, Jardim Rosa Amarela e Jardim Ipanema apresentam um número maior de colônias na contagem direta, diferenciando estatisticamente dos demais bairros. Já os bairros Horto da CESP e Coester apresentaram o menor número de unidade formadora de colônias.

Tabela 7: Presença negativa ou positiva em tubo de Durhan invertido e Contagem direta de colônias de *Escherichia coli*, UFC (Unidade Formadora de Colônias) em 100 ml no município de Fernandópolis

Caldo verde brilhante	Bairros Coletados	Contagem direta UFC/100ml
Positivo	COHAB João Pimenta	91,5 a
Positivo	Jardim Rosa Amarela	85,5 a
Positivo	Jardim Ipanema	83,25 a
Positivo	Brasilândia	64,5 b
Positivo	Jardim Por do Sol	36,0 b
Positivo	Residencial Liana	28,5 b
Positivo	Jardim São Lucas	2,5 c
Positivo	Coester	1,0 c

10. CONCLUSÕES

A água da chuva após passar pelo telhado sofre alterações em sua qualidade, a água coletada diretamente da atmosfera e a coletada após passagem pelo telhado estão dentro do que é estabelecido pela legislação brasileira. Apesar de não ser recomendada para consumo humano, a água da chuva apresentou-se muito bem frente a potabilidade na Portaria 518/04 do Ministério da Saúde e da Resolução do CONAMA 357/2005. Com exceção do pH da água coletada diretamente a atmosfera que ficou um pouco abaixo do mínimo exigido pela legislação. E da turbidez que apresentou valor acima do exigido pela legislação.

Nas análises microbiológicas, uma maior ocorrência de *Escherichia coli* foi observada nos bairros onde pode-se observar a presença de maior número de aves e gatos nas residências.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **NBR 12.211**: Estudos de Concepção de Sistemas Públicos de Abastecimento de Água. Rio de Janeiro, 1992. 14p.

ADHITYAN, A. **A Dual-mode System for Harnessing Roofwater for Nonpotable Uses**. School of Civil and Structural Engineering, Nanyang Technological University, Nanyang Avenue. Singapore 639798, Singapore.

2000. Disponível em www.elsevier.com/locate/urbawat, Acesso em 15 de setembro de 2013.

ANA (Agência Nacional de Águas). **Água, fatos e tendências**. Brasília: ANA - CEBDS, 2006. 31 p.

AMBIENTE BRASIL. **Chuva Ácida**, 2005. Disponível em http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./urbano/index.html&cont_eudo=./natural/chuvaacida.html. Acesso em 29 ago 2012.

ANNECCHINI, K.P.V. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES)**. 2005. 150f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: Água de chuva: aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos. Rio de Janeiro, 2007. 8 p.

BRASIL. SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Saneamento para todos - Gestão de águas pluviais urbanas. 4º volume. Brasília, 2006. 197 p.

CARDOSO, M. P. **Viabilidade do aproveitamento de água em zonas urbanas: Estudo de caso no município de Belo Horizonte – MG**. Programa de Pós-Graduação em saneamento, Meio Ambiente e recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais. 171p. 2009.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA (Brasil). Ministério do Meio Ambiente. Resolução n. 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. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Seção 1, p. 58-63.

DEMANDORO, A. C.; MARIOTONI, C. A. O conceito de escala e o desenvolvimento sustentável: implicações sobre os recursos energéticos e hídricos. Projeto Água – UNICAMP. Disponível em: <http://www.eco.unicamp.br/projetos/agua/artigos.html>. Acesso em: 15 março, 2014.

FRANCO, B. M.; LANDGRAF, M.; Destro, M. T. **Microbiologia dos Alimentos**. São Paulo, Ed. Atheneu, p. 27-171, 2005.

GNADLINGER, J. Coleta de água de chuva em áreas rurais. In: FÓRUM MUNDIAL DA ÁGUA, 2., 2000, Holanda. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <<http://irpaa.org.br/colheita/indexb.htm>>. Acesso em: 15 mai. 2014.

GROUP RAINDROPS **Aproveitamento da Água da Chuva**. Organic Trading Editora. Curitiba, 2002.

HAGEMANN, S.E. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso**. 2009. 140f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Rio grande do Sul, Santa Maria, 2009.

HANSEN, S. **Aproveitamento da Chuva em Florianópolis**. Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Sanitária: UFSC. Florianópolis, 1996.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. Disponível em www.ibge.gov.br, acesso em outubro de 2013.

JAQUES, R.C. **Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações**. 2005. 102f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

JO, A.C. *et al.* Caracterização quali-quantitativa para aproveitamento de água pluvial. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL, XXXI., 2008, Santiago. **Anais...** Santiago: AIDIS, 2008.

MELO, L.R.C. NETO, C.O.A. Variação da qualidade da água de chuva em três pontos distintos da cidade de Natal-RN. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24., 2007b, Belo Horizonte. **Anais**. Belo Horizonte: ABES, 2007.

MIGON, C.; SANDRONI, V. **Phosphorus in rainwater. Partitioning inputs and impact on the surface coastal ocean**. *Limnology and Oceanography*, v. 44, p. 1160-1165, 1999.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Normas e Padrão de Potabilidade de Águas Destinadas ao Consumo Humano** – PORTARIA Nº 518 de 25/03/2004, Brasil.

NETTO, J. M. A.; FERNANDEZ, M. F. Y.; ARAUJO, R. e ITO, A. E. **Manual de Hidráulica**. 8 ed. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 669p, 1998.

OLIVEIRA, Y. V. **Uso do Balanço Hídrico Seriado para o Dimensionamento de Estrutura de Armazenamento de Água das Chuvas: Estudos de Casos**.

Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental. UFSC. Florianópolis, 2004.

PMF. **Clima de Fernandópolis.** Disponível em <http://www.fernandopolis.sp.gov.br>. Acesso em: 20 Outubro, 2014.

PNUD. **Consumo de água no mundo.** Disponível em <http://www.pnud.org.br>. Acesso em 20 Outubro, 2014.

PETERS, M.R. **Potencialidade de uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma unidade residencial.** 2006. 109f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

PHILIPPI, L.S. *et al.* Aproveitamento da água de chuva. In: GONÇALVES, R.F. (Org.). **Uso racional da água em edificações.** Rio de Janeiro: ABES - PROSAB, 2006. cap. 3, p. 73-152.

PHOENIX, **Pluviômetro.** Disponível em <http://www.observatoriophoenix.astrodatabase.net.htm>. Acesso em: 28 Agosto, 2013.

RIBEIRO, F. **Tipos de chuvas.** Disponível em <http://www.http://geoecoisas.blogspot.com.br/2011/11/principais-tipos-de-chuvas.html>. Acesso em 28 Agosto, 2013.

RICHTER, A.C.; NETTO, J.M.A. **Tratamento de água: tecnologia atualizada.** São Paulo. Edgard Blucher, 2000.

SALVE, P.R. *et al.* Chemical Composition of Major Ions in Rainwater. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 80, p. 242-246, 2008.

SEMPRESUSTENTAVEL, **Aproveitamento de água de chuva de baixo custo para residências urbana.** <http://www.sempresustentavel.com.br/hidrica/aguadechuva/agua-de-chuva.htm> Acesso em 17 set 2012.

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: **diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2014.** (2012). Brasília, MCIDADES. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/PaginaCarrega.php?EWRErterterTERTer=101>. Acesso em: 23 Março, 2014.

SUPER ABRIL, **Chuva ácida.** Disponível em <http://www.Super.abril.com.br/http://mundoestranho.abril.com.br>. Acesso em 28 Agosto, 2014.

STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 16th ed. Washington: APHA, 1985

TSUTIYA, M.T. **Abastecimento de água**. 1ª Edição, São Paulo, DHS/POLI – USP. 2006. 643p

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva**. 2ed. São Paulo: Navegar, 2003.180p.

VASCONCELLOS, F.C.S, IGANCI JRV & RIBEIRO GA. **Qualidade microbiológica da água do rio São Lourenço**, São Lourenço do Sul, Rio Grande do Sul. *Arquivos do Instituto Biológico*,73: 177181.2006.

VANZELA, L.S., BARBOSA, A.P., PEREIRA, J.M.F., FERREIRA, C.F. **Influência da adequação ambiental dos imóveis rurais sobre o PIB de Fernandópolis-SP**. II INOVAGRI Internacional Meeting. Fortaleza-CE, Brasil. p.1173-1180. 2014.