

MAASA

Mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA**



MESTRADO EM MEIO AMBIENTE, ÁGUAS E SANEAMENTO

NARA DE MELO DANTAS DA SILVA

**QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DAS ÁGUAS EM CISTERNAS DA ÁREA
RURAL DO MUNICÍPIO DE INHAMBUPE, NO SEMIÁRIDO BAIANO E SEUS
FATORES INTERVENIENTES**

SALVADOR

2013

NARA DE MELO DANTAS DA SILVA

**QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DAS ÁGUAS EM CISTERNAS DA ÁREA
RURAL DO MUNICÍPIO DE INHAMBUPE, NO SEMIÁRIDO BAIANO E SEUS
FATORES INTERVENIENTES**

Dissertação apresentada a Escola
Politécnica da Universidade Federal da
Bahia como requisito parcial para obtenção
do título de Mestre em Meio Ambiente,
Águas e Saneamento.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Louisa Wessels
Perelo

Co-orientador: Prof.^o Luiz Roberto Santos
Moraes, PhD

SALVADOR

2013

FICHA CATALOGRÁFICA

**QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DAS ÁGUAS EM CISTERNAS DA ÁREA
RURAL DO MUNICÍPIO DE INHAMBUPE, NO SEMIÁRIDO BAIANO E SEUS
FATORES INTERVENIENTES**

Dissertação como atividade do Mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento.

Salvador, 10 de maio de 2013.

Banca Examinadora:

Prof. Dr^a Louisa Wessels Perelo
Universidade Federal da Bahia

Prof. Luiz Roberto Santos Moraes, PhD
Universidade Federal da Bahia

Prof. Dr^a. Magda Beretta
Universidade Federal da Bahia

Prof. Dr. Sílvio Roberto Magalhães Orrico
Universidade Estadual de Feira de Santana

DEDICATÓRIA

Aos meus queridos e amados pais.

*Comece fazendo o que é necessário,
depois o que é possível, e de repente você
estará fazendo o impossível.*

São Francisco de Assis

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Amilcar e Meire, que me deram a vida e me instruíram a vivê-la com dignidade, pois sem eles não existiria a minha vida, não teria educação, amor, carinho, não bastaria um obrigada. Juntos, vocês iluminaram meus caminhos com dedicação para que eu trilhasse sem medo e cheia de esperanças. Não bastaria um muitíssimo obrigada! A vocês que se doaram por inteiro e renunciaram aos seus sonhos, para que, muitas vezes, eu pudesse realizar os meus. Pela compreensão durante minhas longas viagens, não bastaria um muitíssimo obrigada!

Ao Gustavo, não bastaria um muitíssimo obrigada! Tu és meu namorado, sou imensamente grata pelas suas palavras de incentivo, estímulos, momentos de amor, de discussão. Sou grata pela compreensão durante minhas longas viagens. Sem você eu teria desistido na primeira dificuldade encontrada nesta jornada. Com isso, não bastaria um muitíssimo obrigada!

Ao predisposto senhor Antônio, colaborador do Sindicato dos Trabalhadores Rurais de Inhambupe, que me disponibilizou do seu tempo e companhia para acompanhamento nas realizações das visitas de campo, pois sem ele não existiria um terço dos meus dados, para isto, não bastaria um obrigada. A ele, que me acompanhou com dedicação e cheio de esperanças com relação às chuvas, não bastaria um muitíssimo obrigada!

Aos amigos adquiridos ao longo desta jornada: Inara, Gabriela, Luis Felipe, Priscylla, Silvana, Luis Henrique e Luciano, pois com vocês, as dificuldades e as alegrias foram coletivas, e no balanço de dois anos, conseguimos decifrar a palavra união. Muito obrigada por tudo isto!

Aos meus orientadores, Louisa e Luiz Roberto Moraes, pelas discussões, pelo direcionamento, sem vocês não teria conseguido dar início e continuidade ao meu projeto. Por tudo isto e pela luz dada ao encaminhamento do meu projeto, muitíssimo obrigada!

AUTORIZAÇÃO

Autorizo a reprodução e/ou divulgação total ou parcial da presente obra, por qualquer meio convencional ou eletrônico, desde que citada à fonte.

Nome do Autor: Nara de Melo Dantas da Silva

Assinatura do Autor: _____

Instituição: Universidade Federal da Bahia

Local: Salvador, BA

Endereço: Rua Aristides Novis, 02 - 4º andar, sala 07, Federação – Salvador - BA -
CEP. 40210-630

E-mail: naradantas@hotmail.com

RESUMO

No intuito de atender a demanda hídrica das populações rurais do semiárido baiano, o aproveitamento da água de chuva mostra-se como uma alternativa de abastecimento de água. A preocupação relaciona-se à qualidade microbiológica da água coletada. A qualidade da água de chuva pode estar vulnerável aos seguintes fatores: a localização geográfica, presença de vegetação, deposição úmida e seca, estação do ano, condições meteorológicas, exposição a radiação UV, presença de poluentes e carga poluidora. O objetivo foi caracterizar a qualidade microbiológica da água de chuva armazenada em cisternas localizadas na área rural do município de Inhambupe-Bahia, e investigar os principais fatores intervenientes da sua qualidade. A metodologia utilizada foi iniciada pelo levantamento de dados sobre as cisternas e o Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva (SAAC), seguido por coleta de amostras e análise da qualidade microbiológica de água de chuvas armazenada em cisternas e seus fatores intervenientes, acompanhados da formulação do questionário de observação, do trabalho de campo e por último da análise fatorial. Foi identificado nas observações a existência de 707 cisternas em funcionamento com as seguintes variáveis identificadas a ausência de desvio das primeiras águas, a forma de retirada da água do interior da cisterna inadequada, a existência de árvores próximas ao telhado, a criação de galinhas, e a não realização de limpeza do interior da cisterna em 6,5%, 46,7%, 6,5% e 70% e 35,9% das casas observadas, respectivamente. A interação dos fatores balde com corda, limpeza da cisterna com ausência de desvio das primeiras águas, os fatores ausência das primeiras águas e árvores próximas ao telhado, a interação dos fatores balde com corda e limpeza da cisterna, árvores próximas ao telhado com ausência de desvio das primeiras águas e a interação dos fatores árvores próximas ao telhado e ausência de desvio das primeiras águas foram os responsáveis pela geração dos efeitos significativos em relação a variável resposta coliformes termotolerantes, levando em consideração a presença da variável e um nível de confiança de 10%, sendo que para a variável resposta Bactérias Heterotróficas foram os fatores árvores próximas ao telhado e a interação dos fatores balde com corda com árvores próximas ao telhado e com o desvio das primeiras águas. A melhoria da qualidade microbiológica da água está relacionada à ausência das variáveis significativas descritas. Como os valores encontrados para os bioindicadores analisados ultrapassam o recomendado para consumo humano, estas águas não devem ser consumidas sem um tratamento prévio, embora apresentem enquadramento excelente ou muito bom para o uso de contato direto.

Palavras-chave: água de chuva armazenada em cisterna; qualidade microbiológica de água de chuva; fatores intervenientes do sistema de aproveitamento de água de chuva.

ABSTRACT

In order to meet the water demand of the rural semi-arid of Bahia, the use of rainwater shows up as an alternative water supply. The concern relates to the quality of water collected. The quality of rainwater can be vulnerable to the following factors: geographical location, presence of vegetation, wet and dry deposition, season, weather conditions, exposure to UV radiation, the presence of pollutants and pollutant load. The aim was to characterize the microbiological quality of rainwater stored in tanks located in the rural area of Inhambupe-Bahia, and to investigate the main factors affecting its quality. The methodology was initiated by survey data on tanks and System Utilization of Rainwater (SAAC), followed by sampling and analysis of the microbiological quality of rain water stored in tanks and its influence factors, together with the formulation of questionnaire observation, field work and last factor analysis. Was identified in the observations the existence of 707 tankers in operation with the following variables identified the non-diversion of the first water, the form of withdrawal of water from the cistern inadequate, the existence of trees near the roof, raising chickens, and not performing the cleaning of the interior of the tank at 6.5%, 46.7%, 6.5% and 35.9% and 70% of homes observed, respectively. The interaction of factors bucket with rope, cleaning the tank with no deviation of the first water, the absence of the first factors waters and trees near the roof, the interaction of rope and bucket with cleaning the tank, trees near the roof with no deviation of the first interaction of water and trees near the roof and no deviation from the first waters were responsible for the generation of significant effects in relation to fecal coliform response variable, taking into account the presence of the variable and a confidence level of 10% , and for the response variable Heterotrophic Bacteria were factors trees near the roof and the interaction of factors bucket with rope to trees near the roof and the deviation of the first water. Improving the quality of water is related to the absence of significant variables described. As the values found for the biomarkers analyzed beyond recommended for human consumption, these waters should not be consumed without prior treatment, although they have excellent or very good framework for the use of direct contact.

Keywords: rainwater stored in tanks; microbiological quality of rainwater; intervening factors of system utilization of rainwater.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Identificação do Semiárido baiano	18
Figura 2: Cartaz entregue aos representantes da família que realizaram curso de capacitação de manutenção e cuidados com a cisterna	21
Figura 3: Sistema de captação e armazenamento de água de chuva.....	23
Figura 4: Um dos exemplos de composição e distribuição dos componentes do sistema de aproveitamento de água de chuva	24
Figura 5: Placas de cimento do corpo cilíndrico	26
Figura 6: Montagem das Placas.....	26
Figura 7: Estrutura com arame e reboco.....	26
Figura 8: Estrutura de Placas para a cobertura.....	26
Figura 9: Escavação no terreno para deixar a cisterna semienterrada	27
Figura 10: Construção de cisterna de Placas (GNADLINER, 2001).....	27
Figura 11: Fluxograma da metodologia.....	41
Figura 12: Localização do município de Inhambupe no estado da Bahia e seus municípios limítrofes.....	42
Figura 13: Bomba Manual de Rodete.....	60
Figura 14: Bomba Manual de PVC.....	60
Figura 15: Hipoclorito de Sódio a 2,5% disponibilizado pelo Ministério da Saúde	66
Figura16: Coliformes Termotolerantes de Água de Chuva Acumulada em Cisternas	72
Figura 17: Boxplot com os resultados de Coliformes Termotolerantes das Campanhas Realizadas	73
Figura18: Bactérias Heterotróficas de Água de Chuva Acumuladas em Cisternas...	84
Figura19: Boxplot com os resultados de bactérias heterotróficas das campanhas realizadas	85

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Índice pluviométrico mensal, em mm, do município de Inhambupe, média dos anos 1939 a 2011	43
Gráfico 2: Tipo de Bombeamento.....	59
Gráfico 3: Presença de tratamento.....	64
Gráfico 4: Motivos para não utilização de tratamento	67
Gráfico 5: Gráfico de Pareto dos efeitos padronizados para variável resposta coliformes termotolerantes	79
Gráfico 6: Gráfico de probabilidade Normal para os efeitos padronizados para variável resposta coliformes termotolerantes	80
Gráfico 7: Gráfico de Pareto dos efeitos padronizados para a variável resposta bactérias heterotróficas	88
Gráfico 8: Gráfico de probabilidade normal para os efeitos padronizados para a variável resposta bactérias heterotróficas	89

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Dados dos municípios baianos localizados na região semiárida.....	19
Quadro 2: Descrição dos componentes do sistema de aproveitamento de água de chuva.....	25
Quadro 3: Matriz de sistematização das formas de contaminação	32
Quadro 4: Parâmetros presentes e limites estabelecidos em legislações/normas para verificação dos microrganismos	36
Quadro 5: Exemplos de Leis Municipais e Estaduais que obrigam a retenção e a utilização de água de chuva	36
Quadro 6: Componentes do sistema de coleta de água de chuva que interferem na qualidade da água coletada	39
Quadro 7: Localização das cisternas selecionadas para análise microbiológica da água de chuva.....	47
Quadro 8: Matriz de planejamento das interações do presente estudo	48
Quadro 9: Cisternas selecionadas organizadas de acordo com o ensaio e com o fator	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Origem da água armazenada na cisterna	52
Tabela 2: Responsável pela limpeza da cisterna	53
Tabela 3: Período de Limpeza da Cisterna	53
Tabela 4: Presença de fossa absorvente nas proximidades da cisterna.....	54
Tabela 5: Presença de árvores	56
Tabela 6: Sistema de descarte das primeiras águas.....	56
Tabela 7: Tela de Proteção das Calhas	57
Tabela 9: Criação de peixes.....	58
Tabela 8: Alimentação de peixes	58
Tabela 10: Local de Armazenamento do Balde.....	61
Tabela 11: Presença de Chiqueiro	62
Tabela 12: Presença de Galinheiro	62
Tabela 13: Presença de Curral.....	62
Tabela 14: Tipo de Tratamento	64
Tabela 15: Uso da água de cisterna.....	68
Tabela 16: Resultados das análises microbiológicas	71
Tabela 17: Resultados das análises microbiológicas para coliformes termotolerantes	75
Tabela 18: Análise de variância para a variável resposta coliformes termotolerantes	77
Tabela 19: Resultados de Bactérias Heterotróficas	83
Tabela 20: Resultados das análises microbiológicas para bactérias heterotróficas..	86
Tabela 21: Análise de variância para a variável resposta bactérias heterotróficas ...	87

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASA – Articulação no Semiárido Brasileiro

CERB – Companhia de Engenharia Ambiental e Recursos Hídricos da Bahia

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

EMBASA – Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INSA – Instituto Nacional do Semiárido

MDS – Ministério do Desenvolvimento Social e Combate a Fome

MOC – Movimento de Organização Comunitária

NBR – Número Mais Provavel

SAAC – Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva

SODIS – *Solar Water Disinfection*

UFC – Unidade Formadora de Colônia

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
2.1. OBJETIVO GERAL	15
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1. A UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA	16
3.2. O SEMIÁRIDO BAIANO	17
3.3. ARTICULAÇÃO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO	19
3.4. SISTEMA DE COLETA E APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA E SEUS COMPONENTES	22
3.5. QUALIDADE BACTERIOLÓGICA E SEGURANÇA SANITÁRIA DAS ÁGUAS PLUVIAIS	27
3.6. PARÂMETROS E LIMITES ESTABELECIDOS EM LEGISLAÇÕES E NORMAS PARA ACOMPANHAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA	35
3.7. FATORES INTERVENIENTES DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA	37
4 METODOLOGIA	41
4.1. TIPO DE PESQUISA	41
4.2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	42
4.3. DADOS SOBRE AS CISTERNAS E O SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA (SAAC)	44
4.3.1. TRABALHO DE CAMPO	45
4.3.2. PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL FATORIAL	45
4.3.2.1. SELEÇÃO DOS FATORES A SEREM ANALISADOS E VARIÁVEL RESPOSTA	46
4.3.2.2. IDENTIFICAÇÃO DAS INTERAÇÕES DOS FATORES E SELEÇÃO DAS CISTERNAS A SEREM ANALISADAS	48
4.3.2.3. COLETA, ARMAZENAMENTO, TRANSPORTE E ANÁLISE DE AMOSTRA DE ÁGUA DE CHUVA	49
4.3.2.4. MÉTODOS DE ANÁLISE E AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS	50
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
5.1. OBSERVAÇÃO REALIZADA	51
5.2. RELAÇÃO ENTRE A QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DE ÁGUA DE CHUVA ARMAZENADA EM CISTERNA E FATORES INTERVENIENTES	69
5.3. POTENCIAIS USOS DA ÁGUA DE CHUVA DE ACORDO COM AS NORMAS VIGENTES	90
6 CONCLUSÃO .	93
REFERÊNCIAS	97
APÊNDICE A	107
APÊNDICE B	110
APÊNDICE C	111

1 INTRODUÇÃO

A problemática da carência hídrica no Semiárido Brasileiro é resultante de um conjunto de fatores climáticos e edáficos, caracterizados pela escassez e irregularidade das chuvas, apresentando longos períodos de estiagem, com temperatura, taxas de evaporação e insolação elevadas, e ainda, a ocorrência de solos rasos baseados sobre rochas cristalinas que dificultam o escoamento das águas. Esta carência de disponibilidade quali-quantitativa de água é um dos principais problemas para a sobrevivência da população destas regiões (CIRILO; MONTENEGRO; CAMPOS, 2010).

Para a melhoria da qualidade de vida dos habitantes de regiões Semiáridas, o sistema de captação e armazenamento de água de chuva em cisterna (SAAC) mostra-se como uma boa solução para o fornecimento deste recurso, caracterizando-se como uma solução individual, citada pelo Decreto nº 7.217/2010. Esta alternativa apresenta-se viável por apresentar baixos custos de instalação, operação e manutenção quando comparado, por exemplo, ao sistema simplificado de abastecimento de água – captação de água superficial e/ou subterrânea, armazenamento e distribuição por meio de rede.

O abastecimento de água para a área rural do município de Inhambupe, localizada na região Nordeste da Bahia, tinha como fonte de abastecimento exclusivo, as águas subterrâneas do aquífero da bacia do Tucano Sul, já que a região do Município é caracterizada por rios temporários. Entretanto, esta distribuição apresentava constantes intermitências decorrentes, principalmente, da má gestão dos recursos hídricos, como o uso indiscriminado para a irrigação. Assim, a solução adotada para o abastecimento de água para consumo humano, na zona rural do Município, foi o aproveitamento de água de chuva.

Embora os dispositivos de coleta e armazenamento de água de chuva existam há mais de 2.000 anos, tendo sido utilizadas por civilizações antigas como os Incas e os Maias (PHILIPPI, 2006), a qualidade da água captada precisa ser verificada, pois esta é aproveitada para os mais diversos usos domésticos, inclusive ingestão direta. Sendo assim, torna-se imprescindível avaliar sua qualidade em relação aos padrões de potabilidade.

A qualidade da água de chuva armazenada em cisternas está vulnerável a alguns fatores, tais como a localização geográfica, presença de vegetação, deposição úmida e seca, estação do ano, condições meteorológicas, exposição a radiação UV, presença de poluentes e carga poluidora, dentre outros fatores. Ou seja, a qualidade de qualquer água é definida por sua exposição aos contaminantes durante as etapas de captação, transporte, armazenamento, tratamento e distribuição (XAVIER, 2009).

Deste modo, a presente pesquisa traz os seguintes questionamentos:

- Qual a qualidade microbiológica da água de chuva armazenada em cisternas, localizadas no município de Inhambupe - BA?
- Quais são os fatores intervenientes na qualidade microbiológica da água de cisternas?

Como hipótese aos questionamentos apresentados, tem-se:

- A qualidade microbiológica da água de chuva armazenada em cisternas localizadas no município de Inhambupe atende aos padrões de potabilidade exigidos pela Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde.
- Os principais fatores que podem intervir na qualidade microbiológica das águas de chuva são o desvio das primeiras águas, os tipos de bombeamento, o período de limpeza da cisterna e da superfície de coleta, a manutenção da estrutura e a presença de árvores.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Caracterizar a qualidade microbiológica da água de chuva armazenada em cisternas localizadas na área rural do município de Inhambupe, no semiárido baiano, e investigar a influência dos potenciais fatores intervenientes da sua qualidade.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a qualidade microbiológica da água de chuva armazenada em cisternas da área rural.
- Identificar, estudar e analisar os fatores intervenientes de manejo do sistema de aproveitamento de água pluvial implantado.
- Analisar a qualidade da água de chuva visando a identificação das influências dos prováveis fatores intervenientes.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 A UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA

A coleta e utilização da água de chuva como fonte de abastecimento tem os seus primeiros registros datados de 830 a.C., na região de Moabe, próximo ao atual Estado de Israel. Nestes quase 3.000 anos, relatos indicam que praticamente todas as grandes civilizações, a exemplo da Greco-romana, Chinesa, Incas e Astecas, fizeram o uso deste princípio durante o seu desenvolvimento (GNADLINGER, 2000; TOMAZ, 2003; PHILLIPI, 2006). Com a evolução das sociedades e das suas necessidades, novos modelos de abastecimento de água, mais eficazes, começaram a ser utilizados (PHILLIPI, 2006). Estes novos modelos se utilizam de corpos d'água circunvizinhos às áreas habitadas por apresentarem volume praticamente constante para abastecimento das populações e substituíram a imprevisibilidade do regime pluviométrico.

Os atuais sistemas de abastecimento de água, têm eficácia comprometida por fatores como a crescente demanda por água, número limitado de fontes e distribuição espacial irregular de seus estoques viáveis, que representam apenas cerca de 0,3% do volume total de água disponível no planeta.

O rápido crescimento populacional nas últimas décadas, que cresceu em mais 4 bilhões a população mundial em 50 anos, provocou em uma grande demanda hídrica agravada principalmente pelo desperdício de água, ocasionando sobrecarga dos sistemas de abastecimento da água. Neste panorama antagônico, de crescente demanda versus recurso limitado, a ONU (2012) estimou que cerca de 1,6 bilhão de pessoas não tem acesso a uma solução de abastecimento de água suficiente¹.

Com atual ritmo de crescimento do consumo de água de mananciais, cerca de dois terços da população mundial pode ter problema de abastecimento de água até 2025 (ONU, 2012). Aparentemente, ao contrario da discussão anterior, cerca de 70% do

¹ Abastecimento de água suficiente é definido como uma fonte que possa fornecer 20 litros por pessoa por dia a uma distância não superior a mil metros.

planeta está coberto por água, entretanto apenas 2,5% deste montante representa o volume de água doce.

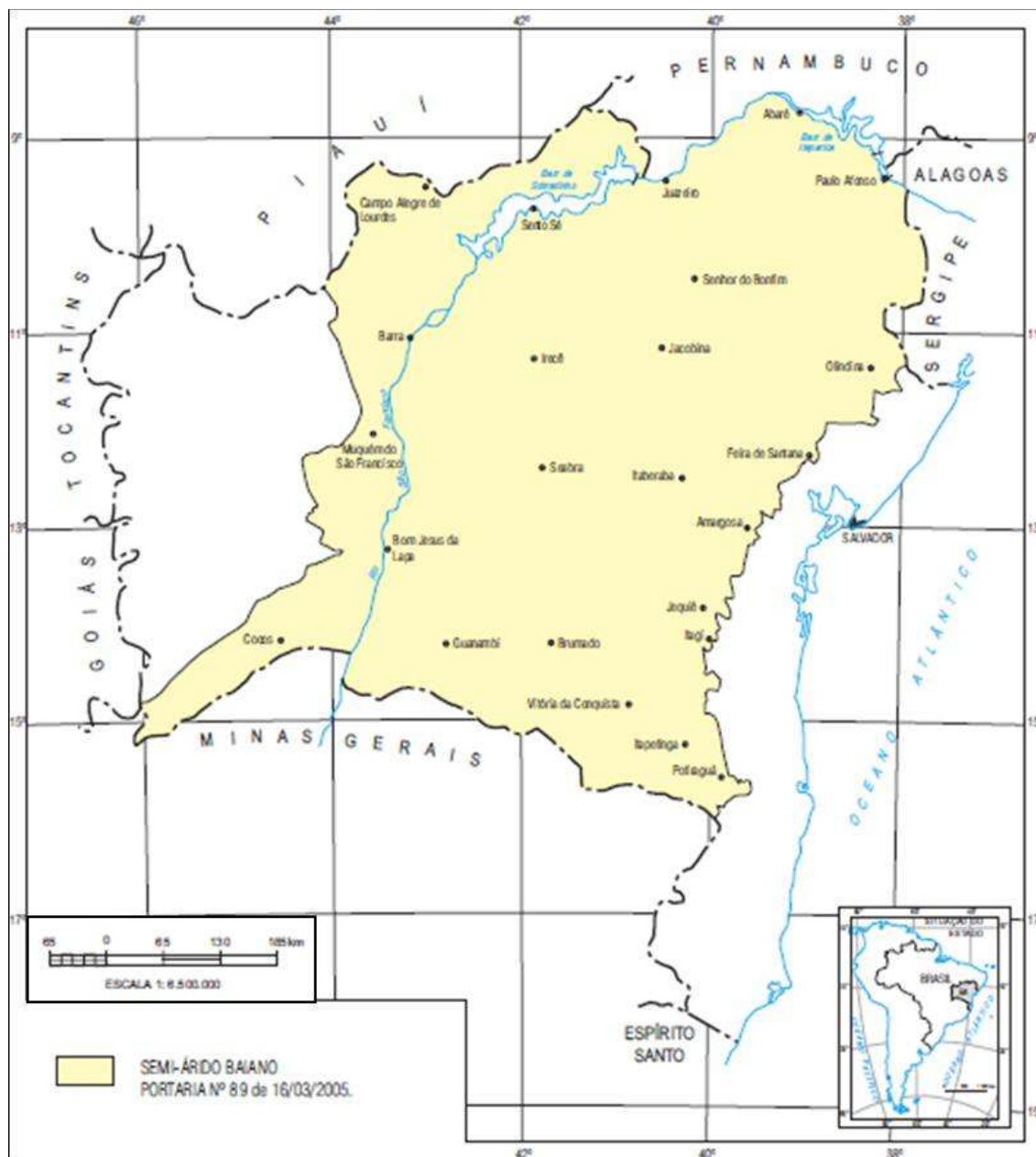
Apesar das previsões pessimistas, o Brasil é um país privilegiado quando o assunto é reserva hídrica, pois detém aproximadamente 12% de toda água doce do planeta. Este fato exemplifica a irregular distribuição deste recurso ao longo do globo, acarretando em áreas com alto déficit hídrico. Esta deficiência, ou até inexistência de reservas, pode, quando somado a fatores climáticos, geológicos e até antrópicos formar extensas áreas áridas ou desérticas, como ocorre na região Semiárida Brasileira.

3.2 O SEMIÁRIDO BAIANO

A região do Semiárido baiano é caracterizada por apresentar um clima quente e seco e deficiência hídrica. O déficit hídrico ocorre quando a evapotranspiração (evaporação e transpiração em plantas) é maior do que precipitação, sendo favorecido pelas temperaturas médias elevadas (26°C), a carência (com média anual de 800mm) e irregularidade (espacial e temporal) das chuvas, normalmente concentradas em períodos de três meses, acarretam longos períodos de estiagem. Os rios da região geralmente são intermitentes. Quanto à sua geologia, os solos são rasos e embasados por rochas cristalinas (pouco permeáveis), dificultando o acúmulo de água (ROCHA, 2008; ANA, 2012).

O Semiárido baiano ocupa uma área de 391.485,08km², que representa quase 70% do estado da Bahia (Figura 1). Sua atual delimitação foi definida pela Portaria Interministerial nº 89, de 16/05/2005, considerando a aplicação de três critérios espaciais: 1) Precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 milímetros (isoieta de 800mm); 2) Índice de Aridez² (com valor $\leq 0,5$), calculado pelo balanço hídrico que relaciona as precipitações e a evapotranspiração potencial, no período entre 1961 e 1990; e 3) Risco de Seca (60% ou mais de dias com déficit hídrico, no período entre 1970 e 1990) (INSA, 2011; BRASIL, 2005).

² Segundo a Resolução CONAMA nº 238, de 22 de dezembro de 1997, que dispõe sobre a Política Nacional de Controle da Desertificação, o Índice de Aridez (IA) é calculado pela relação entre potencial hídrico (P), quantidade de água da chuva, e a taxa de evapotranspiração potencial (ETP), quantidade máxima de perda de água pela evaporação e transpiração.



Fonte: INSA, 2012

Figura 1: Identificação do Semiárido baiano

Segundo o INSA (2012), na Bahia, quase sete milhões de pessoas convivem com as limitações impostas pela aridez da região (Quadro 1). Segundo o CENSO 2010, a Bahia apresentou o menor percentual (42,23%) de municípios com Grau de Urbanização³ (GU) acima de 50%, ou seja, 151 dos 266 municípios do Semiárido baiano tem população rural superior à urbana (INSA, 2012; IBGE, 2011 – Censo, 2010).

³ Grau ou Taxa de Urbanização corresponde à percentagem da população da área urbana em relação à população total.

Quadro 1: Dados dos municípios baianos localizados na região semiárida.

	Unidade	Bahia			
		Semiárido	Demais Regiões	Total	(%)*
Municípios	Un.	266	151	417	63,79
Extensão Territorial	km ²	391.485,08	173.345,78	564.830,86	69,31
População	Hab.	6.740.697	7.276.209	14.016.906	48,09
Densidade Demográfica	Hab./km ²	17,22	41,98	24,82	

Fonte: INSA, 2012

*Percentual referente a abrangência da região Semiárido no estado da Bahia

A zona rural ou localidade de pequeno porte é uma região do município caracterizada pela ausência de urbanização e destinada a atividades agropecuárias, de turismo, de silvicultura e de conservação ambiental. Está associada ao campo e quando comparado à zona urbana se apresenta muitas vezes como precária e carente de serviços públicos de saneamento básico (FENG, 2007). Serviços como abastecimento de água, esgotamento sanitário, fornecimento de energia elétrica, manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo das águas pluviais são deficientes ou inexistentes, acentuando os efeitos da deficiência hídrica na população semiárida rural.

A seca deste ano (2012) já afetou 2/3 da população rural (cerca de 2.000.000 de pessoas) do Semiárido baiano em mais de 200 municípios, dentre eles, o de Inhambupe, que em junho de 2012, teve o status de Situação de Emergência reconhecido para sua zona rural devido à estiagem pela Portaria nº 211 de 15/06/2012, da Secretaria da Defesa Civil do Ministério da Federação Nacional.

O município de Inhambupe/BA possui uma população rural representativa (GU <50%), o que lhe confere um caráter rural, tendo como principal atividade econômica a agropecuária. Fisicamente integrado ao domínio do Semiárido baiano, caracterizado pelo clima quente e déficit hídrico, com chuvas concentradas de março a agosto, passou a contar com a implantação de cisternas para coleta de água pluvial para comunidades que vivem do campo (>400 famílias) (IBGE, 2011 - CENSO, 2010). Estes fatores favoreceram a sua escolha como área de estudo.

3.3 ARTICULAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO (ASA)

A ASA é uma rede de organizações da sociedade civil que atuam na gestão e no desenvolvimento de políticas de convivência com a região Semiárida brasileira. Esta organização tem como premissa que a água não é um bem de consumo, mas que é

um direito humano básico, necessário à vida e insumo a produção, desenvolvendo desta forma o Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido. Este Programa abriga tecnologias sociais de captação e armazenamento de água de chuva para consumo humano (P1MC) e para produção de alimentos (P1+2) (ASA, 2011).


O objetivo do P1MC é beneficiar cerca de cinco milhões de pessoas em toda região Semiárida brasileira com água de qualidade para fornecimento doméstico (água utilizada para beber e cozinhar), por meio das cisternas de placas de cimento com um volume de armazenamento de 16m³.

Para obter o benefício de receber uma cisterna em sua residência, a família deve atender aos critérios estabelecidos pela ASA em parceria com o Governo Federal (representado pelo Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome - MDS), sendo eles os seguintes: renda mensal até meio salário mínimo por membro da família; que estejam contidas no Cadastro Único do Governo Federal; que morem permanentemente na área rural e não tenham acesso ao sistema público de abastecimento de água; que a mulher seja a chefe de família; a casa tenha o maior número de crianças de zero a seis anos; crianças de sete a quatorze anos na escola; a casa tenha portadores de necessidades especiais; e a casa tenha idosos com idade igual ou superior a 65 anos (ASA, 2011).

Ao ser beneficiada com a cisterna, toda família deve receber um curso de capacitação de Gestão de Recursos Hídricos, que aborda temas a respeito da manutenção e cuidados com relação à cisterna e a água armazenada no seu interior, assim como a demonstração da importância da utilização da água de chuva, tornando-se a sua não utilização um desperdício, pois a água de chuva apresenta um potencial de uso variado. Este curso de capacitação tem duração de 16 horas distribuídas em dois dias (8 h/dia) de aula presencial. Para auxílio dos participantes são distribuídas cartilhas com o conteúdo abordado e ao final do curso é disponibilizado um cartaz com os “Mandamentos das Cisternas”, resumindo as principais instruções para o bom manejo do sistema (Figura 2).

Mandamentos das Cisternas

- 1 A água é presente de Deus e como tal não pode ser vendida, nem negada.
- 2 Todas as pessoas, animais e plantas têm direito à água.
- 3 Toda casa da zona rural deve ter a sua cisterna.
- 4 A cisterna deve ser construída ao lado da casa, longe de plantas com raízes esparramadas e longe de fossas e currais.
- 5 A cisterna deve ser cuidada:
 - Lavar todos os anos antes da chuva;
 - Pintar a parte externa de cal branca;
 - Manter a cisterna sempre bem tampada;
 - Proteger os suspiros e entradas de água com tela ou pano fino;
 - Guardar os canos depois das chuvas para evitar que rachem.
- 6 A água da primeira chuva é para lavar o telhado da casa. Não pode ir para a cisterna.
- 7 A água de chuva, juntada na cisterna, não pode ser misturada com outra água.
- 8 Para tirar a água da cisterna, use sempre a bomba d'água e uma vasilha bem limpa para aparar.
- 9 A água da cisterna é para consumo humano: beber e cozinhar. Assim, vai durar todo o período da seca.
- 10 Toda a água para o consumo humano deve ser tratada.



Realização: ASA

Apoyo: 1 milhão de cisternas

FOME ZERO

Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome BRASIL

Projeto: Assessoria / Ferramentas: André Soto / Bateria: Maria Tereza Pereira / Projeto Gráfico: Ana Design / Edição: Renata Pereira

Figura 2: Cartaz entregue aos representantes da família que realizaram curso de capacitação de manutenção e cuidados com a cisterna

Após a capacitação, o participante repassa o conhecimento obtido para toda a família, ampliando um melhor entendimento sobre o sistema de captação e armazenamento da água de chuva. É essencial que todos os membros da família

tenham interesse no aproveitamento da água de chuva, cooperando com a limpeza dos telhados e das calhas, na manutenção dos reservatórios, assegurando desta forma, uma boa qualidade da água coletada (GROUP RAINDROPS, 2002), sendo necessário compreender seus componentes, funcionamentos e manejos.

3.4 SISTEMA DE COLETA E APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA E SEUS COMPONENTES

May (2004) destaca que o sistema de aproveitamento de água de chuva apresenta benefícios visíveis e concretos da economia de água e na melhoria na qualidade de vida das populações que vivem nas regiões Semiáridas brasileiras.

Esta tecnologia é bastante utilizada, pois apresenta os seguintes benefícios no momento do seu emprego:

- Os investimentos de tempo, atenção e dinheiro são mínimos, apresentando retorno financeiro em futuros próximos (KITAMURA, 2004; JAQUES, 2005; PHILLIPI, 2006; DIAS, 2007; SANTOS, 2007; OLIVEIRA, 2008; CARDOSO, 2009)
- Utilizam algumas das estruturas já existentes na edificação, como telhados (SIMIONI, 2004)
- O fornecimento de água fica localizado próximo do ponto de consumo, reduzindo problemas de longas caminhadas em regiões com carência de abastecimento de água convencional (SILVA, 2006; SAZAKLI; ALEXPOULOS; LEOTSINIDIS, 2007), livrando a população do pesado fardo do trabalho de transporte das águas até as suas residências (GROUP RAINDROPS, 2002).
- Faz sentido ecologicamente, por ser uma tecnologia sustentável e de aplicação difusa socialmente justa (ANDRADE NETO, 2010), pois apresenta um baixo impacto ambiental (SIMIONI, 2004)
- Possibilita água com qualidade aceitável para vários fins, com pouco ou nenhum tratamento (SIMIONI, 2004).

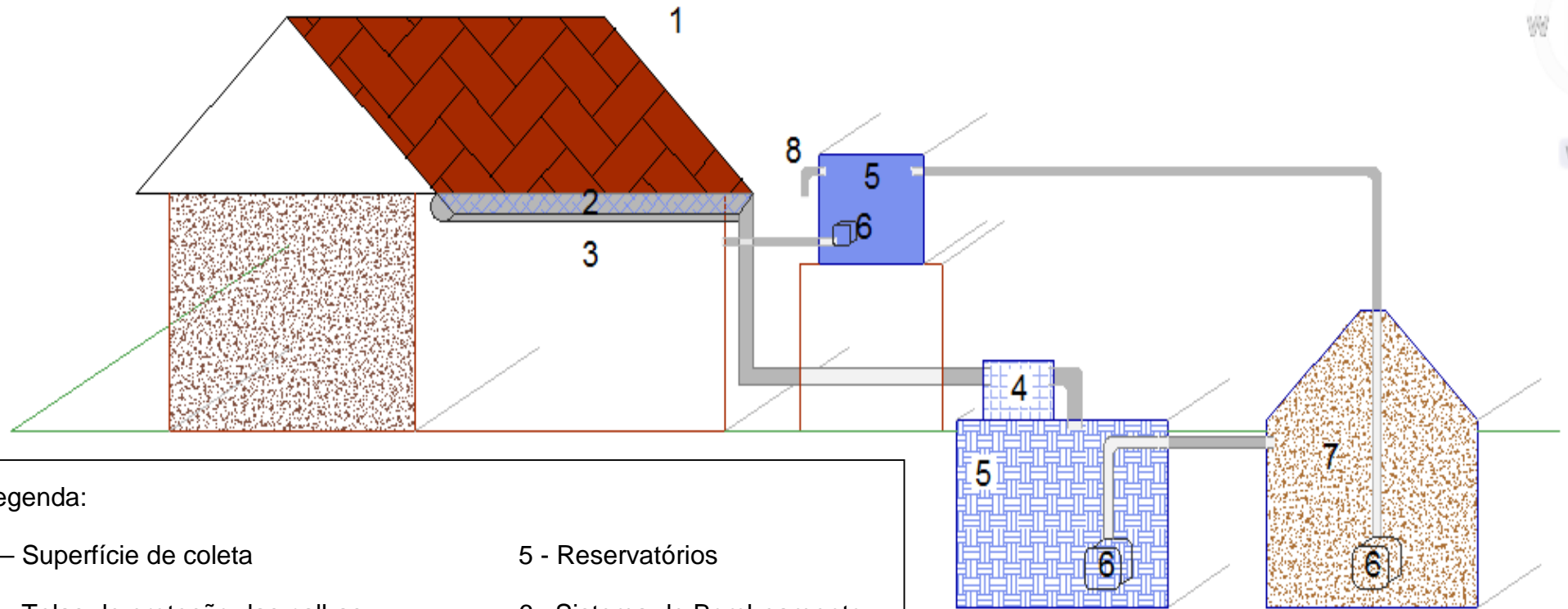
A retomada e a expansão da utilização da água de chuva como fonte de fornecimento de água, tem ocorrido juntamente com o desenvolvimento e aperfeiçoamento das variadas técnicas de captação e barreiras sanitárias,

aprimorando o fornecimento de água com melhores condições ao consumidor (GROUP RAINDROPS, 2002; DIAS, 2007). Mas, ainda assim, não são suficientes e muitos dos seus aspectos ainda necessitam ser desenvolvidos (GROUPS RAINDROPS, 2002). O aprimoramento dos componentes do sistema de captação pode ser visualizado com mais eficácia nas Figura 3 e Figura 4, com sua descrição apresentada no Quadro 2.



Fonte: Própria..

Figura 3: Sistema de captação e armazenamento de água de chuva



Legenda:

1 – Superfície de coleta

2 – Telas de proteção das calhas

3 – Calhas e condutores

4 – Sistema de descarte das primeiras águas

5 - Reservatórios

6– Sistema de Bombeamento

7 – Sistema de tratamento

8 - Extravasor

Fonte: Própria.

Figura 4: Um dos exemplos de composição e distribuição dos componentes do sistema de aproveitamento de água de chuva. Existem sistemas de aproveitamento de água de chuva mais simplificados do que este mostrado acima.

Quadro 2: Descrição dos componentes do sistema de aproveitamento de água de chuva

Item	Componente	Material Utilizado	Função
1	Superfície de coleta	Cerâmica, metal, fibrocimento, concreto armado, vidro, fibra de vidro, policarbonato.	Superfície onde a água de chuva escoar para ser recolhida. O objetivo é assegurar uma maior superfície de coleta a fim de aproveitar o máximo possível os benefícios da chuva.
2	Telas de proteção das calhas	Armações metálicas que se encaixam ao longo da calha.	Remover os detritos maiores, tais como folhas, galhos e flores que caem sobre o telhado e são carreados pela chuva precipitada sobre a superfície de coleta e que deverão ficar retidas nestas telas antes que chegue ao reservatório.
3	Calhas e condutores	PVC, tubo de alumínio sem costura e aço galvanizado. Componentes adicionais: colchetes e alças (para prender as calhas e tubos à parede).	São responsáveis por encaminharem a água da superfície de coleta até o dispositivo de descarte das primeiras águas (quando este existir) ou direto ao reservatório de armazenamento.
4	Sistema de descarte das primeiras águas	Pode ser realizado de forma manual, desconectando os tubos condutores, ou de forma automática (dispositivo que desvia um determinado volume de água).	São pequenos tanques para onde são desviados os primeiros milímetros de água da superfície de captação de cada chuva, e com isto retira-se as impurezas da atmosfera e do telhado no intervalo entre duas chuvas.
5	Reservatório	Fibra de vidro, polipropileno (plástico), madeira, metal, concreto, fibrocimento e alvenaria.	Tanque construído (ou pré-fabricado) para reter e armazenar águas de chuva captadas por uma superfície próxima. A capacidade de armazenamento do tanque é determinada normalmente pelo tamanho da área de captação.
6	Bombeamento	Bomba manual, moto bomba, bomba elétrica.	Interligam os reservatórios aos pontos de uso.
7	Tratamento	Diversos, depende da qualidade da água captada, custo a ser definido, espaço disponível para implantação.	Melhorar a qualidade da água coletada e da destinação final. É proporcional a quantidade de água coletada.
8	Extravasor	PVC ou Metálico	Saída do excesso de água do reservatório.

Fonte: Adaptação de GROUP RAINDROPS, 2002; KITAMURA, 2004; MAY, 2004; TEXAS, 2005; DIAS, 2007; SANTOS, 2008; CARDOSO, 2009; HAGEMANN, 2009; XAVIER *et al.*, 2009; ANDRADE NETO, 2010; XAVIER, 2010.

A ASA, ao instalar o sistema de captação e aproveitamento de água de chuva do P1MC, apresenta uma peculiaridade, pois os reservatórios mais utilizados pelo projeto são conhecidos como cisternas de placas, utilizados por causa de sua segurança em relação aos vazamentos e fáceis de construir em pequenas localidades, por apresentar ferramentas de construção simples e de baixo custo, requerendo pouco tempo para a construção e apresentam facilidade na capacitação das pessoas que irão erguer as cisternas (GNADLINER, 2001). Não existe a preocupação com a redução da capacidade de armazenamento provocado pelo assoreamento, não necessitando demanda extra de água de abastecimento e de energia e sua manutenção também é muito fácil (GROUP RAINDROPS, 2002).

As cisternas de placa são formadas pelas placas de cimento pré-moldadas, no tamanho de 50cm x 60cm x 3cm (Figura 5), em seguida são envolvidas por anéis de arame liso e por último são rebocadas por dentro e por fora, chegando a um formato final de cilindro (Figura 6 e Figura 7), sua cobertura é também feita por placas de concreto (Figura 8), ficando semienterrada no terreno (Figura 9 e Figura 10) (GNADLINGER, 1999; GNADLINGER, 2001). As cisternas do Semiárido e, conseqüentemente, de Inhambupe apresentam uma altura média de 2 metros, e são construídas por pedreiro do Município capacitados pela ASA durante um curso de duração de 40 horas, distribuídos em 05 dias.



Fonte: Própria.

Figura 5: Placas de cimento do corpo cilíndrico



Fonte: Própria.

Figura 7: Estrutura com arame e reboco



Fonte: Própria.

Figura 6: Montagem das Placas



Fonte: Própria.

Figura 8: Estrutura de Placas para a cobertura



Fonte: Própria.

Figura 9: Escavação no terreno para deixar a cisterna semienterrada

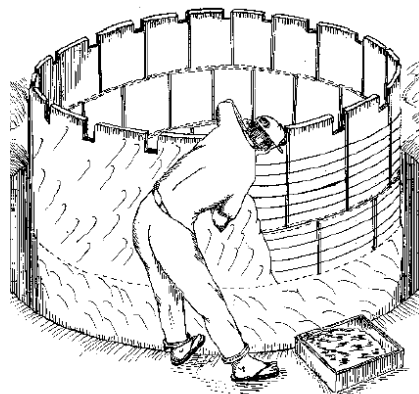


Figura 10: Construção de cisterna de Placas (GNADLINER, 2001)

A água armazenada nessas cisternas é mantida em uma temperatura agradável, por ter uma grande parte de sua construção debaixo da terra (cerca de 2/3 da cisterna fica enterrado). A retirada de água acontece com facilidade pela parte de cima, devendo ser tomado cuidados, pois tensões (geradas, principalmente, pelo excesso de calor provocados pela ausência de água) podem provocar fissuras, gerando o vazamento de água, gerando uma série de problemas (GNADLINGER, 1999).

Apesar da evolução do sistema de coleta e armazenamento da água de chuva, a qualidade da água captada precisa ser verificada, pois esta é aproveitada para diversos usos domésticos, inclusive consumo humano. Devido às possibilidades de transmissão de doenças e da contaminação microbiológica, há uma grande preocupação nos projetos de aproveitamento das águas de chuva. Partindo da premissa de que é impraticável o monitoramento de todos os microrganismos patogênicos presentes em uma amostra, utilizam-se os chamados indicadores microbiológicos para avaliação da qualidade da água de chuva coletada (RIBEIRO, 2008).

3.5 QUALIDADE BACTERIOLÓGICA E SEGURANÇA SANITÁRIA DAS ÁGUAS PLUVIAIS

A qualidade da água de chuva é um fator muito importante para o seu aproveitamento, pois define os seus usos, bem como a necessidade e os tipos de tratamento que devem ser dados à água coletada e acumulada nas cisternas. O Group Raindrops (2002) destaca que quanto melhor a qualidade da água de chuva

coletada, maior será a sua gama de utilidades. A qualidade da água de chuva é determinada pelo local de coleta e o nível de qualidade exigido é definido pela finalidade de sua destinação final (GROUP RAINDROPS, 2002).

A qualidade da água de chuva coletada é definida pela sua exposição aos agentes contaminantes durante a ação de captação, transporte, armazenamento e tratamento (XAVIER, 2009), isto porque a água apresenta características de solvente e devido a sua habilidade de transportar partículas em suspensão na atmosfera, incorporando assim, diversas impurezas que definem sua qualidade (VON SPERLING, 1996; GROUP RAINDROPS, 2002).

Cada agente contaminante que pode ser incorporado na água advém de uma série de fatores que o compõe, sendo eles:

Localização Geográfica – Locais com forte poluição atmosférica, densamente povoados ou industrializados, podem contribuir com metais pesados e substâncias químicas que são potencialmente perigosas, ou prejudiciais, como dióxido de enxofre e os óxidos de nitrogênio emitidos por automóveis e fábricas (GROUP RAINDROPS, 2002; ANDRADE NETO, 2004; RADAIDEH, 2009). Mesmo assim, a água coletada nestas regiões podem apresentar características químicas boas, como por exemplo, dureza, salinidade e alcalinidade, destacando-se que a contaminação microbiológica é mais rara que a contaminação química (ANDRADE NETO, 2004; RADAIDEH, 2009). Em cidades que ficam situadas à beira mar, a água de chuva pode incorporar elementos como sódio, potássio, magnésio, cloro e cálcio em concentrações encontradas na água do mar (JAQUES, 2005). Mudanças do a estilo de vida devem ocorrer visando a redução da poluição do ar (GROUP RAINDROPS, 2002).

Para a ocorrência do carreamento dos gases e materiais particulados presentes na atmosfera no momento da chuva, estes precisam se dissolver nas gotas de água de chuva e serem levados para uma superfície de coleta. A depender da forma de precipitação, o carreamento das partículas poderá ser considerado de forma diferenciada, se for pela condensação será considerado como *Rainout*, e se for pela precipitação, será considerado como *Washout* (CONCEIÇÃO, 2010).

No início de uma chuva, a água pode conter muitas impurezas, porém, a eliminação da água deste início pode aproximar a qualidade da água de chuva a da água

encanada (GROUP RAINDROPS, 2002). Por isso, o primeiro milímetro de chuva, normalmente, é satisfatório para limpar a atmosfera, melhorando significativamente a qualidade da água de chuva restante. A contaminação dos primeiros milímetros de chuva habitualmente ocorre quando essa lava o ar das camadas mais baixas da atmosfera, e da superfície de captação, que contem partículas em suspensão (poeira), inclusive microrganismos, escoando sobre a superfície de coleta, carregando consigo as impurezas acumulada no intervalo entre duas chuvas (ANDRADE NETO, 2010). Quanto menor o tempo de armazenamento da água de chuva, maior a necessidade de desviar as primeiras águas. Esse primeiro milímetro não deve ser utilizado como água para beber e nem mesmo para outras finalidades, devendo ser descartado (GROUP RAINDROPS, 2002).

Presença de carga poluidora na superfície de coleta – O telhado ao longo de períodos de estiagem acumula sujeira, como por exemplo, dejetos de aves, mamíferos e roedores, a deposição de poeira, folhas, galhos e fuligens provocados pela ação da gravidade que sedimenta estes materiais na superfície de coleta (deposição seca), animais mortos em decomposição, revestimento dos telhados, tintas, dentre outros, acarretando a contaminação por agentes químicos e por agentes patogênicos (YAZIZ, 1989; GROUP RAINDROPS, 2002; REBELLO, 2004; PHILLIPI, 2006; ANNECCHINI, 2006; XAVIER, 2010).

Yaziz (1989) afirma que os telhados compostos por telha, por apresentar uma superfície “mais grosseira”, comporta uma maior deposição e retenção dos poluentes atmosféricos em comparação a “suavidade” dos telhados de ferro galvanizado, produzindo assim, no momento da precipitação, um carreamento maior na quantidade de partículas (washout) nas superfícies de ferro galvanizado do que em superfícies de telha. A incorporação das partículas presentes na superfície de coleta acontece quando a água passa pela superfície de captação, podendo tornar a contaminação proveniente da atmosfera ainda maior (REBELLO, 2004).

Andrade Neto (2010) afirma que a deposição destes materiais sobre a superfície de coleta ocorre no intervalo entre duas chuvas. Yaziz conclui que quanto maior o período seco entre os eventos de precipitação, maior é a quantidade de poluentes depositados sobre a superfície de coleta, existindo uma relação positiva entre a concentração de vários poluentes na água coletada com o período seco existente entre o período de duas chuvas, provocando influência na qualidade da água

coletada (YAZIZ, 1989). Por sua vez, Andrade Neto destaca que os poluentes atmosféricos, a poeira e a matéria orgânica localizados na superfície de coleta podem proporcionar toxicidade ou patogenicidade aos usuários.

Phillipi (2006) sobressaem que por causa da possível contaminação das águas ao passar pela superfície de coleta, pois estas diminuem a sua qualidade, recomendando que sofram o desvio dos primeiros milímetros antes que cheguem ao reservatório de acumulação, provocando com isso, a melhoria da qualidade microbiológica da água de chuva coletada.

Hagemenn (2009) recomenda que as superfícies de coleta sejam resguardadas de árvores para desviar-se de queda de folhas e galhos, além de estragos causados por pássaros e outros animais.

Condições Meteorológicas – Quanto maior a intensidade da chuva maior será a energia empregada na limpeza do telhado, devido a maior energia presente nas gotas de chuva no momento do seu impacto sobre a superfície de coleta (YAZIZ, 1989).

Szakli, Alexopoulos e Leotsinidis (2007) destacam que no período chuvoso e de ventos fortes, há o aumento dos valores dos parâmetros físico químicos, mas a quantidade de parâmetros microbiológicos decrescem neste período, resultados que são invertidos nos períodos secos e com poucos ventos.

O regime (direção) e intensidade (velocidade) dos ventos podem alterar a distribuição das cargas poluidoras e, conseqüentemente, a concentração de bactérias em um determinado local da superfície de coleta (EVANS; COOBES; DUNSTAN, 2005)

Estação do ano – Existe um aumento significativo dos indicadores microbiológicos na estação do ano que antecede a estação seca e permanece durante o período seco, isto pode ser explicado por causa da diminuição das temperaturas no inverno e a diluição devido a grande quantidade de água armazenada não favorecendo o crescimento dos microrganismos (SAZAKLI; ALEXOPOULOS; LEOTSINIDIS, 2007). Lee (2010) destaca que durante o período de diminuição das chuvas (secas) existe uma ausência de limpeza das superfícies de coleta provocando o aumento do número de microrganismos na água neste local, enquanto no período de chuvas as águas que escoam sobre a superfície, quase que constantemente, proporcionam a

limpeza regular das áreas de coleta, não permitindo o acúmulo de contaminantes neste período, e, conseqüentemente, diminuindo o número de microrganismos na água.

Fossa absorvente ou fossa séptica – Nas regiões em que há uma grande concentração de fossas absorventes e/ou fossa sépticas para a disposição dos esgotos domésticos, pode acontecer grande concentração de DQO, NO_3 e contaminantes biológicos no solo e em águas subterrâneas. Na maioria dos casos em que ocorrem problemas na estrutura dos reservatórios de água de chuva, as fossas absorventes estando próximas e em locais mais elevados ou que as fossas sépticas apresentem problemas de infiltração as águas residuárias podem atingir as adjacências do reservatório de água de chuva, podendo contaminar as águas contidas no mesmo (RADAIDEH, 2009).

Exposição a radiação UV – Entre a ocorrência de chuvas e ventos, os microrganismos presentes na superfície de coleta podem ficar expostos a radiação UV, podendo provocar impacto na sobrevivência dos mesmos, variando-se a duração do intervalo e a intensidade da radiação UV (EVANS, COOMBES, DUSTAN, 2005).

Outros fatores podem também ser destacados, como o estilo de vida, atitudes públicas (como ausência de fornecimento de hipoclorito de sódio à 2,5%), manutenção inadequada da cisterna (RADAIDEH *et al.*, 2009) e utilização e manuseio da água (AMORIM; PORTO, 2001; SANTOS, 2008; LEE *et al.*, 2010; XAVIER, 2010). O Group Raindrops (2002) destaca que os resultados dos exames de água variam de acordo com o tempo de armazenamento, clima e temperatura, necessitando de uma regularidade na atenção com a qualidade.

Quanto a dificuldade para impedir que os contaminantes do telhado se dissolvam e se transfiram para a água de chuva, pode-se evitar a contaminação adicional, mantendo-se as áreas de coleta sempre limpas. Como o telhado é uma área de difícil acesso e, conseqüentemente, de difícil limpeza, deve-se evitar que fontes de contaminação se aproximem da superfície de coleta. A não aplicação de alguns cuidados preliminares na coleta conduz a passos mais complicados necessários para a obtenção de água de chuva com qualidade elevada (GROUP RAINDROPS, 2002).

Segundo o Group Raindrops (2002), a melhor tecnologia para o uso e adequação das condições para o aproveitamento de água de chuva é uma somatória e combinação seletiva dos seguintes fatores:

1. Coleta da água de chuva que cai sobre o telhado.
2. Armazenamento da água de chuva em tanques e reservatórios.
3. Tratamento e melhoria da qualidade da água de chuva.
4. Abastecimento de água de chuva nos locais de uso.
5. Drenagem do excesso de água de chuva devido aos casos de chuvas intensas.
6. Complementação da água de chuva com água de abastecimento em tempo seco.
7. Eliminação da água do início da chuva, precipitada no telhado.

Para melhor entendimento sobre a qualidade da água de chuva, Tomaz (2003) definiu quatro estágios de qualidade desta água, que variam de acordo com o processo de coleta e armazenamento:

- antes de atingir o solo;
- depois de precipitar sobre a superfície de coleta;
- quando armazenada em um reservatório (a água é alterada à medida que depositam-se elementos sólidos no fundo da mesma e a água está pronta para utilização);
- no ponto de consumo.

Destaca-se a necessidade de se coletar água de chuva sem que ela conte com impurezas (GROUP RAINDROPS, 2002). Com fatores de contaminação da água de chuva descritos anteriormente e estágios de qualidade da água foi construído uma matriz de sistematização apresentado no Quadro 3.

Quadro 3: Matriz de sistematização das formas de contaminação

Fator	Antes de atingir o solo	Depois de passar sobre a superfície de coleta	Armazenada no reservatório	Ponto de Consumo
Localização geográfica	X			
Presença de vegetação		X		
Período de estiagem		X		
Condições meteorológicas	X	X		
Estação do ano		X		
Exposição a UV		X		
Carga poluidora		X		
Estilo de vida		X	X	X
Manutenção da cisterna			X	

Fator	Antes de atingir o solo	Depois de passar sobre a superfície de coleta	Armazenada no reservatório	Ponto de Consumo
Manutenção da Água			X	X
Políticas públicas			X	X

Ao se comparar a qualidade, físico-química e bacteriológica da água de chuva em diferentes superfícies de coleta, percebe-se que a água de chuva recolhida por telhado apresenta melhor qualidade do que as águas recolhidas por superfícies impermeabilizadas próximas ao solo (RADAIDEH, 2009). Em alguns casos as pessoas imergem recipientes sujos e mãos não lavadas nos reservatórios de água de chuva, contaminando a água armazenada, e, conseqüentemente, transmitindo doenças infecciosas para quem possa consumir esta água (GROUP RAINDROPS, 2002).

Alves (2009, p. 03) destaca:

A utilização da água de chuva como fonte alternativa de abastecimento, mesmo para fins não potáveis, requer o controle de sua qualidade e verificação da necessidade de tratamento específico conforme a sua destinação, de forma que não comprometa a saúde de seus usuários, nem a vida útil dos sistemas envolvidos.

A verificação da qualidade da água de chuva por causa da possível contaminação microbiológica é realizada por meio da identificação de alguns microrganismos biológicos, indicadores específicos, que indicam que a água pode estar contaminada por organismos patogênicos, que caracterizam-se pela possibilidade de provocar efeitos maléficos à saúde. Destaca-se que os microrganismos indicadores mais utilizados são os coliformes totais e termotolerantes, os helmintos e os protozoários. Estes bioindicadores podem indicar a ocorrência de uma série de enfermidades de origem hídrica e de transmissão hídrica (ÁLVARES, 2005), conhecidas como doenças relacionadas à água.

Segundo Cairncross e Feachem (1990), o modo de propagação das doenças relacionadas à água se dá por meio de

- transmissão fecal-oral – transmissão hídrica;
- relacionados com a higiene – por penetração na pele em contato com a água ou por ingestão como resultado de confecções cruzadas ou falta de asseio com alimento;
- baseada na água – por penetração na pele em contato com a água ou por ingestão;

- transmissão por inseto vetor – picada de vetores que tem parte de sua vida próximas a água e permanecem próxima a esta ou procriam na água.

Evans, Coombes e Dunstan (2005) afirmam que, em geral, não existe uma concordância sobre a qualidade da água de chuva e os riscos percebidos sobre a saúde, gerando uma concepção limitada sobre o sistema de aproveitamento de água de chuva e bem como a existência de informações contraditórias na literatura sobre a qualidade da água de chuva dificulta a aplicação generalizada das cisternas. Na Nova Zelândia a utilização de água de chuva é aceita por ser uma fonte segura e abundante de água e é, frequentemente, a única fonte de água de famílias rurais, mas o País apresenta uma série de estudos que investigam a prevalência de microrganismos indicadores em conjunto com a identificação de organismos patogênicos, pois a contaminação da água de chuva armazenadas no interior da cisterna tem provocado uma associação com o número de casos de infecções humana (SIMMONS, 2001).

Um indicador muito utilizado para avaliar o impacto na saúde de um sistema de abastecimento de água, e, por conseguinte de um sistema de aproveitamento de água de chuva é a morbidade por doença diarreica em crianças de 0 a 5 anos, por causa desta enfermidade, um do grande número de pacientes que se dirigem aos serviços de saúde para tratamento. Mas, quem tem acesso ao abastecimento de água acaba por não buscar os serviços médicos, mascarando um amplo número de portadores de doenças que não comparecem ao serviço médico (PHILIPPI JR; MARTINS, 2005), o que pode prejudicar a avaliação dos agravos uso da água de chuva em sistema de abastecimento de água, pois pode mascar o resultado disponibilizado pelos serviços de saúde.

Embora os riscos epidemiológicos associados às cisternas sejam pequenos, os estudos mais atuais recomendam que todo empenho seja feito para diminuir a contaminação das águas das cisternas utilizadas para consumo humano (ANDRADE NETO, 2003), pois mesmo que o aproveitamento de água de chuva seja uma solução atraente do ponto de vista ecológico, potenciais riscos à saúde da ingestão de água de chuva coletada relacionados à contaminação microbiológica devem ser levados em conta (SAZAKLI; ALEXPOULOS; LEOTSINIDIS, 2007; VIALLE, 2011). Heijnen (2012) destaca que há relativamente poucos estudos epidemiológicos sendo realizados, sendo explicado através da pouca utilização da água de chuva como

fonte de água de qualidade, porque a sua utilização não foi reconhecida pelas pessoas. O autor continua afirmando que boas práticas de captação são baseadas na engenharia de bom senso, ao invés de uma real avaliação dos riscos à saúde, por causa da existência de escassez de informação científica sobre o assunto.

Deve também ser destacada a necessidade do monitoramento da qualidade dessas águas quanto aos aspectos microbiológicos, visando seu enquadramento nas legislações já existentes, conforme o uso, bem como para a elaboração de textos normativos e leis que venham a se constituir em legislação específica ao aproveitamento das águas pluviais em edificações (REBELLO, 2004).

3.6 PARÂMETROS E LIMITES ESTABELECIDOS EM LEGISLAÇÕES PARA ACOMPANHAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA

O acompanhamento da qualidade microbiológica da água de chuva deve ser sempre realizado para que se tenha conhecimento do comportamento dos organismos patogênicos que possam estar presente no sistema. Os limites fixados para os parâmetros microbiológicos dentro da legislação brasileira variam de uma legislação para outra e conforme a destinação final que será dada a água. A noção desses limites ajuda a determinar quais os usos que podem ser dados a água de chuva, em função de sua qualidade, sem causar prejuízos aos consumidores, e quando necessário, o tipo de tratamento que deve ser definido, para que a água alcance a qualidade condizente com o uso que se pretende.

A norma existente específica para aproveitamento de água de chuva, ABNT/NBR 15.527:2007, não abrange uma variabilidade de usos, necessitando desta forma do auxílio de outras legislações mais abrangentes, como é o caso da Resolução do CONAMA nº 274/2000, que dispõe sobre as condições de balneabilidade, da Portaria do Ministério da Saúde nº 2914/2011 que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade e por último, o Manual de Conservação e Reuso de Água em Edificações elaborado por órgãos federais (ANA e SAS/ANA) em parceria com órgãos do Governo do Estado de São Paulo, na iniciativa de incentivar a o uso consciente em uma edificação (Quadro 4).

Quadro 4: Parâmetros presentes e limites estabelecidos em legislações/normas para verificação dos microrganismos

Atividade	Portaria nº 2.914/2011 do MS.	Resolução CONAMA nº 274/2000	Manual de Conservação e Reuso de Água em Edificações	ABNT/ NBR nº 15.527: 2007
Beber e Cozinhar	E. Coli: ausência em 100 ml	-	-	-
Banho e atividades de contato direto (lavanderia, piscinas, lavagens)	E. Coli: ausência em 100 ml	Considerando satisfatória: não deverá exceder 1000 C.T.* ou 800 <i>E. Coli</i> por 100 ml	-	-
Usos menos nobres (atividades que não requerem contato direto)	E. Coli: ausência em 100 ml	Não deverá ser excedido o valor de 2500 NMP de C.T.* ou 2000 NMP de <i>E. coli</i> por 100 mL.	Considerando a Classe 1: C.T.* Não detectáveis	Ausência de Colif. Totais e C.T.* em 100ml

Fonte: Adaptação da Resolução do CONAMA 274/2000, da Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914/2011, do Manual de Conservação e Reuso de Água em Edificações e da Norma ABNT/NBR 15.527:2007.

C.T.* = Coliformes Termotolerantes

Já existe em alguns Estados Brasileiros, municípios que tomaram a iniciativa de criar legislações específicas para o armazenamento e utilização da água de chuva, descritas no Quadro 5.

Quadro 5: Exemplos de Leis Municipais e Estaduais que obrigam a retenção e a utilização de água de chuva

Nº da Lei	Município / Estado	Objetivo
Lei Nº 13.276/ 2002	São Paulo / São Paulo	Torna obrigatória a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500,00m ² .
Lei Nº 10.785/ 2003	Curitiba / Paraná	Cria no município de Curitiba o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE, tendo como objetivo instituir medidas que induzam à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para captação de água nas novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água
Lei Nº 4.248/ 2003	Rio de Janeiro	Institui o programa de captação de águas pluviais no âmbito do Estado do Rio de Janeiro.
Lei Nº 4.393/ 2004	Rio de Janeiro (Lei Estadual)	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 de empreendimentos comerciais com mais que 50m ² de área construída, no Estado do Rio de Janeiro.
Lei Nº 14.018/ 2005	São Paulo/ São Paulo	Tem por objetivo instituir medidas que induzam à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para a captação de água e reuso nas novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água.
Lei Nº 3.185/ 2005	Francisco Beltrão/ Paraná	As edificações ou construções novas, com área igual ou superior a 135m ² ficam obrigadas a possuir um reservatório ou cisterna adicional para coleta de água pluvial, sendo que o reservatório deverá ter capacidade de no mínimo 500 litros e no máximo 5.000 litros de água.
Lei Nº 8.718/ 2006	Ponta Grossa /	O objetivo dessa lei é que todas as edificações apliquem o programa de captação, armazenagem, conservação e uso racional da água

Nº da Lei	Município / Estado	Objetivo
	Paraná	pluvial.
Lei Nº 12.526/ 2007	São Paulo (Lei Estadual)	Torna obrigatória 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 500m ² no Estado de São Paulo.
Lei Nº 10.506/ 2008	Porto Alegre/ Rio Grande do Sul	Institui o Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas com objetivo de promover medidas necessárias para conservação, à redução do desperdício e à utilização de fontes alternativas para a captação e o aproveitamento da água nas edificações, bem como à conscientização dos usuários sobre a sua importância para a vida
Lei nº 4.181/2008	Distrito Federal	Cria o Programa de Captação de Água da Chuva e dá outras providências. Lei que visa à captação, armazenamento e utilização das águas pluviais pelas edificações urbanas.
Lei Nº 7.863/ 2010	Salvador/ Bahia	Estabelece a obrigatoriedade da implantação de mecanismo de captação e armazenamento das águas pluviais nas coberturas das edificações, e a captação, reciclagem e armazenamento das águas servidas para posterior utilização em atividades que não exijam o uso de água tratada nos empreendimentos pluri-domiciliares e comerciais no município do Salvador.

Fonte: Adaptação das legislações descritas.

Segundo o Decreto nº 7.217/2010, que regulamenta a Lei nº 11.445/2007, estabelecida das diretrizes nacionais para o saneamento básico, em seu artigo 68 no § 1º:

Nos casos em que a água que for armazenada em cisternas forem destinadas ao consumo humano, o órgão ou a entidade federal responsável pelo programa oficializará a autoridade sanitária municipal, comunicando-a da existência do equipamento de retenção e reservação de água de chuva, para que se proceda ao controle de sua qualidade nos termos das normas vigentes no SUS (BRASIL, 2010, p.22).

Este acompanhamento da qualidade descrito neste inciso ainda não está sendo cumprido no município de Inhambupe, sendo o controle da qualidade estabelecido e garantido pelo proprietário da cisterna.

3.7 FATORES INTERVENIENTES DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA

As estruturas de captação, calhas e o reservatório de armazenamento das águas de chuva são importantes, não somente para a coleta e reservação de água pluvial, mas também para as barreiras sanitárias, que se manejados de forma correta reduzem a contaminação microbiológica das águas armazenadas na cisterna (XAVIER, 2010)

A contaminação microbiológica é o principal fator de degradação das águas de chuva, enquanto para as variáveis físico-químicas tendem a atender o valor máximo permitido (VMP) da Portaria nº. 2.914/2011 do MS (TAVARES, 2009). A consequência desta contaminação microbiológica da água de chuva provoca influência nos possíveis usos da água coletada.

Yaziz (1989) destacam que quem aplica o sistema de coleta de água de chuva deve utilizá-lo com consciência das consequências da contaminação microbiológica, orgânica e mineral na água de chuva coletada, sendo necessário tomar as medidas apropriadas para evitar o armazenamento de água contaminada em seu sistema.

Diversos procedimentos relacionados ao manejo devem ser adotados para garantir a qualidade bacteriológica e a segurança sanitária da água de chuva coletada. Alguns dispositivos específicos direcionados para o manejo, no intuito de melhorar a qualidade da água de chuva coletada, podem facilitar o alcance dos padrões de qualidade para consumo humano. Os principais componentes do manejo para a ocorrência da melhoria da qualidade da água de chuva, ou seja, os prováveis fatores intervenientes da qualidade são (TAVARES, 2007; BOULOMYTIS, 2007; SANTOS, 2008; ANDRADE NETO, 2010)

- superfície de captação;
- presença de telas de proteção de calha;
- sistema de descarte das primeiras águas;
- limpeza do reservatório;
- sistema de bombeamento;
- distância da vegetação para a superfície de coleta;
- distância da fossa para o reservatório;
- tratamento.

Para melhor entendimento de como os componentes do sistema de captação de água de chuva podem influenciar na sua qualidade bacteriológica, tornando-se fatores intervenientes da qualidade da água de chuva armazenadas em cisternas, o Quadro 6 apresenta a influência de cada componente.

Quadro 6: Componentes do sistema de coleta de água de chuva que interferem na qualidade da água coletada

Componente	Efeitos na Qualidade da Água Coletada	Manejo dos Componentes
Superfície de Captação	Por ser externa, estará sempre vulnerável à contaminação de diversas origens, como poluentes atmosféricos, folhas, galhos, pequenos animais e seus dejetos, dentre outros contaminantes, acumulados durante o período entre duas chuvas. Caracteriza-se como a principal fonte de descarga poluidora do sistema de aproveitamento de água de chuva. O tipo de material utilizado na superfície de coleta pode influenciar na qualidade das águas coletadas, por exemplo: as águas coletadas por telhas metálicas apresentam uma qualidade melhor do que a água coletada pelas telhas de cerâmica, pois a luz solar ao incidir sobre a superfície metálica, provoca um aquecimento dessa estrutura causando uma desinfecção natural da sujeira que ali está acumulada, melhorando a qualidade da água de chuva.	Deve ser limpa regularmente para remover a poeira e os detritos, de modo a manter a qualidade da água coletada melhor possível.
Telas de proteção das calhas	Sua função é reter e remover detritos maiores, tais como folhas, galhos e flores que caem sobre o telhado antes que cheguem ao tanque, evitando que detritos maiores venham a ser decompostos no interior do reservatório. Protege os reservatórios da entrada de sólidos grosseiros e de pequenos animais. O tubo de extravasamento só tem água correndo por meio dele durante o período de chuva, o que pode facilitar a entrada de mosquitos no tanque de armazenamento de água de chuva.	Devem ser limpas regularmente, evitando que ocorram obstruções dos condutores com folhas e impeçam que a água da chuva chegue até o reservatório. Colocando-se uma tela na saída do tubo de transbordamento dificulta a entrada de mosquitos.
Sistema de descarte das primeiras águas	Oferece ao sistema a possibilidade de se livrar dos contaminantes menores, tais como poeira, pólen e de fezes de aves e roedores. Destaca-se que por causa da presença de matéria orgânica, a água que é descartada contém elevada concentração de nutrientes que se acumulam nos telhados, entre uma chuva e outra. No entanto, não existe um cálculo exato para determinar a quantidade inicial de água a ser desviada, pois existem muitas variáveis que determinam a eficácia da lavagem dos contaminantes da superfície de captação, que mudam de acordo com a quantidade de poeira acumulada na área do telhado, que é função do número de dias secos- quanto maior o número de dias secos, maior a concentração de poluentes- maior poluição. Destaca-se que o início da chuva tem realmente grande influência sobre a qualidade da água captada.	Recomenda-se que o desvio das primeiras águas seja realizado a cada precipitação. As opiniões variam sobre o volume de água da chuva para desviar, mas uma regra muito utilizada para o desvio das primeiras águas é desviar 1L/m ² de superfície de coleta.
Reservatório	A qualidade da água no interior de reservatório está sujeita a alguns cuidados como: evitar a entrada de luz e rachaduras na estrutura do reservatório, pois fechado minimiza a proliferação de algas em seu interior, e as aberturas que permitam a entrada de insetos; a limpeza regular, pois o acúmulo de matéria orgânica é a principal fonte de nutrientes para a proliferação de microrganismos; não misturar a água de chuva com água de outras fontes de fornecimento de água, como por exemplo, carro pipa, pois a água de chuva na maioria dos casos apresenta melhor qualidade.	Devem ser limpos semestralmente de acordo a ANBT NBR 15:527/ 2007 ou a cada período de estiagem. Instruções devem ser dadas aos utilizadores para limpeza periódica e desinfecção eficaz das cisternas
Sistema de Bombeamento	A retirada e transporte por baldes ou latas inapropriados pode ser um fator de contaminação das águas armazenadas nos reservatórios e no interior das residências, ou seja, a introdução de baldes ou latas inapropriadas, recipientes e mãos não lavadas no reservatório podem influenciar	Manutenção periódica das bombas, para evitar que quebrem e, conseqüentemente, tenha que se utilizar outros métodos não

Componente	Efeitos na Qualidade da Água Coletada	Manejo dos Componentes
	na contaminação da água de chuva por estar introduzindo novos microrganismos no sistema de reserva, podendo provocar doenças infecciosas, sendo evitado pela presença de um sistema de bombeamento eficiente e utilização de ações de educação sanitária de maneira mais ampla.	garantidos para a retirada de água.
Distância da vegetação para o telhado	Contribui com o fornecimento de galhos e folhas para a superfície de coleta, conseqüentemente fornecendo matéria orgânica para a cisterna caso estes materiais venham a entrar no reservatório. Com esta matéria orgânica no interior da cisterna será necessário a realização da sua degradação por microrganismo, que podem existir no interior da cisterna.	Deve ser mantida a uma distância mínima da área de coleta, para que os galhos e folhas não venham a cair na superfície de coleta. Não existe uma medida exata, mas a ASA ao construir as cisternas do P1MC recomenda uma distância de 10 metros.
Distância da fossa para a cisterna	A presença de fossas absorvente e ou sépticas a poucas distancias das cisternas pode representar uma fonte potencial para a qualidade da água coletada, pois se ocorre problemas na estrutura do reservatório de água de chuva e se as fossas absorventes estiverem próximas, em locais mais elevados ou se as fossas apresentarem problemas de infiltração as águas residuais poderão alcançar as cisternas, podendo contaminar as águas contidas no interior dos mesmos.	Não existe um padrão fixo para distancia entre a fossa absorvente e a cisterna. A ASA ao construir as cisternas do P1MC adotam uma distância mínima de 10 metros entre os dois. Manter a cisterna intacta ajuda a não contaminação pelas águas residuárias das fossas.
Tratamento	Eliminação de matéria orgânica e de microrganismos das águas de chuva coletadas, levando a um padrão de qualidade. Um tratamento muito complicado somente resultaria em maiores custos e manutenção incômoda.	Deve ser o mais adequado possível ao sist. de aproveitamento de água de chuva. Os métodos de tratamento devem ser o mais simples possível, de acordo com o propósito de uso e qualidade que se quer atingir.

Fonte: Adaptação de YAZIZ *et al.*, 1989; GROUP RAINDROPS, 2002; ANDRADE NETO, 2003; KITAMURA, 2004; MAY, 2004; REBELLO, 2004; TEXAS, 2005; DIAS, 2007; SAZAKLI; ALEXPOULOS; LEOTSINIDIS, 2007; SANTOS, 2008; CARDOSO, 2009; RADAIDEH *et al.*, 2009; HAGEMANN, 2009; XAVIER *et al.*, 2009; ANDRADE NETO, 2010; LEE *et al.*, 2010; MENDEZ *et al.*, 2010; XAVIER, 2010; FERNANDES *et al.*, 2011; FONSECA *et al.*, 2011.

4 METODOLOGIA

4.1 Tipo de Pesquisa

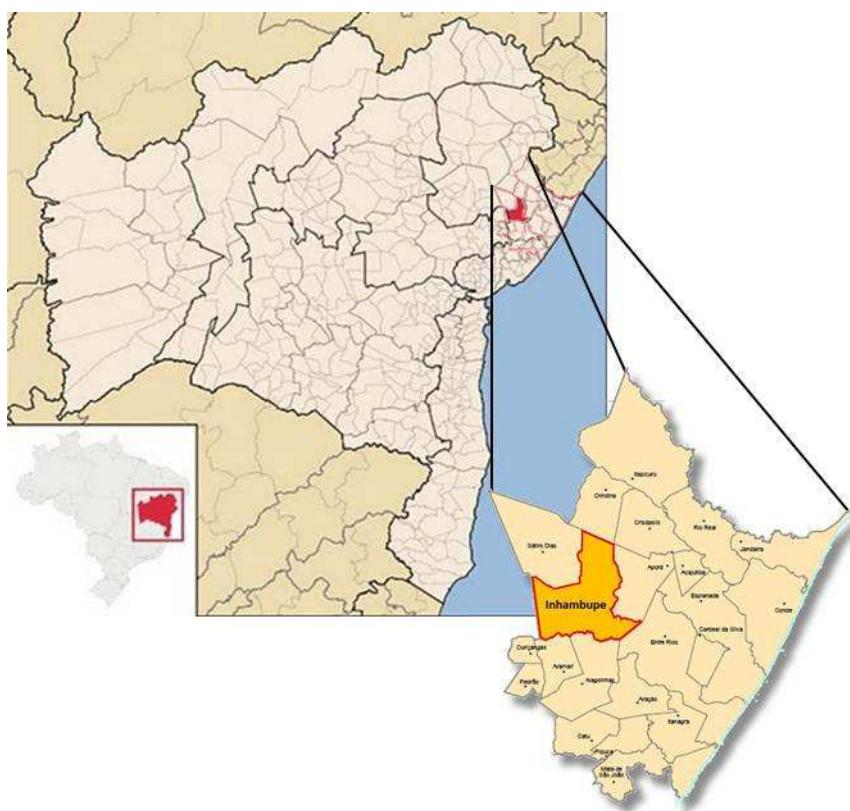
Trata-se de uma pesquisa de natureza quali-quantitativa, com pesquisa de campo do tipo exploratória, visando caracterizar a qualidade microbiológica da água de chuva armazenada em cisternas, localizadas em residências da área rural de Inhambupe, no Semiárido baiano, conforme apresentado na Figura 11.



Figura 11: Fluxograma da metodologia

4.2 Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo corresponde à zona rural de Inhambupe, município localizado na região Agreste de Alagoinhas / Litoral Norte (Figura 12) do estado da Bahia (Lat. 11°47'04" Sul e Long. 38°21'11" Oeste), com 153km de distância de Salvador. A área do Município abrange 1.222,6km², fazendo fronteira a Leste com os municípios de Aporá e Entre Rios, a Sul com os de Alagoinhas e Aramari, a Oeste com os de Água Fria e Sátiro Dias e a Norte com o de Olindina, e integra o domínio do Semiárido baiano e o Polígono das Secas, devido as suas características fisiográficas.

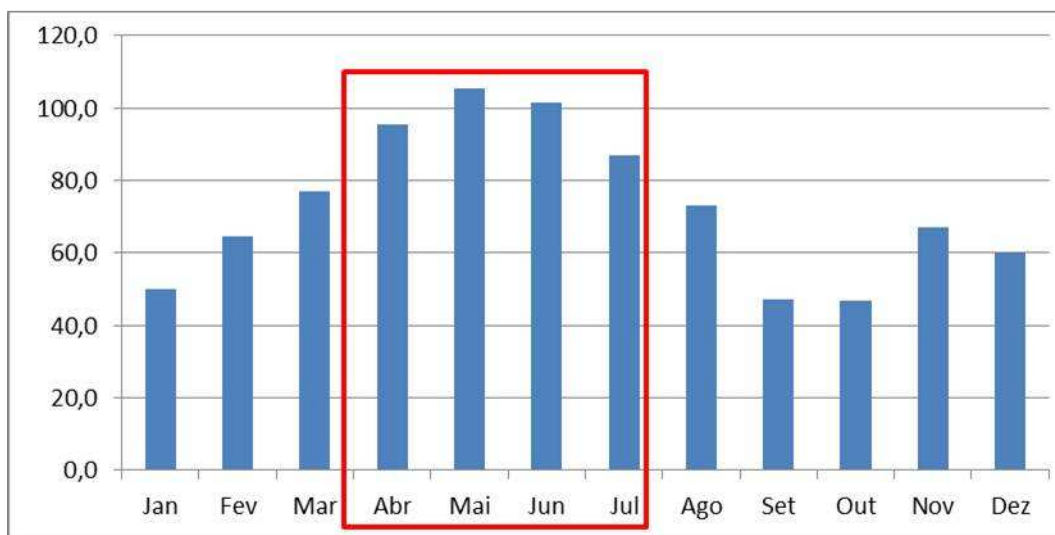


Fonte: Própria.

Figura 12: Localização do município de Inhambupe no estado da Bahia e seus municípios limítrofes

O município de Inhambupe apresenta clima dos tipos Subúmido a Seco e Semiárido, exibindo medias anuais de temperatura de 26°C e de pluviosidade de 885,7mm, de regime irregular, concentrados nos meses de abril a junho (Gráfico 1). Quanto à geologia, seus solos são rasos e subsolos com limitada capacidade de acumulação de água em aquíferos, acarretando na existência de uma densa malha de rios

intermitentes e somente rio Inhambupe como perene (CIRILO; MONTENEGRO; CAMPOS, 2010). Enfim, este cenário de imprevisibilidade e carência pluvial, onde a ocorrência de longos períodos de estiagem compromete a “longevidade” da malha hídrica superficial, afeta a população local, principalmente, a da zona rural.



Fonte: Autora adaptado de ANA, 2012.

Gráfico 1: Índice pluviométrico mensal, em mm, do município de Inhambupe, média dos anos 1939 a 2011

A zona rural de Inhambupe, segundo o CENSO de 2010, possui 56,9% dos 36.306 habitantes do Município, ainda assim, este fato demográfico não se configura em desenvolvimento para esta região. Silva (2010), avaliando a exclusão social da região do Semiárido brasileiro, registrou 55,8% para o Índice de Exclusão Social (IES)⁴, ou seja, mais da metade da população de Inhambupe encontra-se privada de serviços básicos essenciais, a exemplo do acesso ao sistema de abastecimento de água tratada (35,3%).

Os sistemas de abastecimento de água para a área rural do município de Inhambupe tem como fonte principal o aquífero da bacia do Tucano Sul, por meio de poços perfurados pela Companhia de Engenharia Ambiental e Recursos Hídricos da Bahia (CERB). Entretanto, estes sistemas apresentavam constantes problemas na distribuição da água (intermitência), decorrentes, principalmente, de uma ineficiente

⁴ O Índice de Exclusão Social (IES) é constituído por cinco indicadores de exclusão social (privação de água, falta ou inadequado esgotamento sanitário, coleta de lixo, educação, além da renda) com o objetivo de tentar aferir os padrões de exclusão social, entendidos como sinônimo de pobreza (SILVA, 2010).

operação e administração, como a má conservação da estrutura física, acarretando a paralisação e o abandono dos poços. Existem 47 poços (71%) em funcionamento, sendo que destes, 30, são de uso público, conforme levantamento realizado pelo Serviço Geológico do Brasil, CPRM⁵, em 2005. O estudo da CPRM também sinalizou a falta de controle sanitário para as águas dos poços. Dentre os poços que estão em funcionamento, 11 poços particulares são utilizados para irrigação. Realizam exploração de água de forma excessiva e indiscriminada, causando a redução de vazão nos poços públicos próximos aos mesmos, gerando impacto negativo no abastecimento público. Assim, a medida adotada na região para a regularização do abastecimento de água, foi a implantação de sistemas de aproveitamento de água de chuva.

A maioria dos sistemas de aproveitamento de água de chuva existentes no município de Inhambupe foi implementado pela Articulação no Semiárido Brasileiro – ASA, tendo início em março de 2004, com a instalação de 19 cisternas da parceira MOC com o Sindicato dos Trabalhadores Rurais de Inhambupe, estando o programa de execução dos SAAC em andamento.

4.3 Dados sobre as cisternas e o sistema de aproveitamento de água de chuva (SAAC)

Foi realizado levantamento de dados sobre as cisternas e seus respectivos sistemas de captação e armazenamento de água de chuva domiciliar localizados na área rural do Município de Inhambupe, assim como, informações sobre a qualidade e os fatores intervenientes das águas de chuva armazenadas nas cisternas. Para o levantamento do número e localização das cisternas em Inhambupe, buscou-se dados em fontes como a Articulação no Semiárido Brasileiro (ASA), Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS), por meio do SigCisterna, sitio de informações específicas das cisternas construídas na região Semiárida Brasileira, da Federação Brasileira de Bancos (FEBRABAN), Censo 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A. (EMBASA).

⁵ O Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea - Diagnóstico do Município de Inhambupe/BA, realizado pela CPRM – Serviços Geológicos do Brasil, em 2005.

4.3.1 Trabalho de campo

A partir do embasamento teórico foi formulado o questionário para ser utilizado como roteiro na técnica de observação participante (Apêndice A) para identificação dos principais fatores intervenientes existentes no sistema de coleta e armazenamento de água de chuva em Inhambupe. Os fatores intervenientes de interesse para a pesquisa e observados em campo foram os seguintes:

- Área de Captação - qual é a superfície de captação? qual o material que é composto a superfície de captação? realiza-se limpeza periódica desta superfície de coleta?
- Materiais utilizados no sistema de aproveitamento de água de chuva
- Tratamento – qual o tipo de tratamento aplicado nas águas a serem utilizadas?
- Usos da água na residência – quais são os usos dados a água de chuva?
- Bombeamento – qual o tipo de bombeamento existente?
- Descarte das primeiras águas – existe o desvio das primeiras águas?
- Manuseio e manutenção – quem realiza o manuseio e a manutenção do SAAC?
- Reservatório – de que material é feito? qual o órgão que a construiu?
- Possíveis fatores de contaminação – existe presença de árvores e animais?
- Custo do tratamento – existe custo com o tratamento? quem paga por este custo?.

A observação participante foi realizada com o auxílio de alguns representantes do Sindicato dos Trabalhadores Rurais do Município de Inhambupe. No momento da realização da observação participante, a presença do proprietário da cisterna foi indispensável, pois algumas perguntas contidas no questionário somente poderiam ser respondidas por quem realiza o manejo do SAAC. A observação participante foi realizada no período de 30 de janeiro a 15 de março de 2012.

4.3.2 Planejamento Experimental Fatorial

Para análise dos fatores intervenientes da qualidade microbiológica da água de chuva armazenada em cisternas foi utilizado o Planejamento Experimental Fatorial. O planejamento fatorial é repetidamente utilizado nos ensaios envolvendo múltiplos

fatores em que é necessário examinar o efeito (influências) das variáveis experimentais (fatores) e os efeitos de interações (ações em conjunto dos fatores) sobre uma resposta (variável dependente) (MORAVIA, 2010; MONTGOMERY, RUNGER; HUBELE, 2011). O planejamento experimental deve obter a determinação e quantificação no intuito de verificar a influência dos efeitos das variáveis do processo sobre a robustez ou não das respostas (FELICI, 2010).

4.3.2.1. Seleção dos fatores a serem analisados e variáveis respostas

Inicialmente selecionou-se oito cisternas para realização de análise preliminar da qualidade microbiológica, no intuito de se realizar uma triagem inicial, identificando os principais fatores intervenientes das águas de chuvas armazenadas em cisternas de Inhambupe. Os fatores inicialmente selecionados foram:

- Bombeamento – Retirada de água por balde com auxílio de corda
- Descarte das Primeiras Águas - ausência de descarte das primeiras águas.
- Tela de Proteção das Calhas – Ausência de tela de proteção das calhas.
- Presença de Árvores próxima a superfície de coleta.
- Criação de Galinha.
- Período de Limpeza da Cisterna – Ausência de limpeza da cisterna, pois nunca foi esvaziada para poder ser realizada a sua limpeza.
- Presença de fossa absorvente próximo a cisterna.
- Casa Modelo – Casa que atende aos requisitos de condições sanitárias de forma adequada, ou seja, apresenta os fatores intervenientes selecionados acima em conformidade, sendo selecionada para que seus resultados servissem para fins de comparação.

Cada cisterna selecionada apresenta apenas um único fator interveniente descrito a cima, estando todos ou outro em conformidade com as condições sanitárias adequadas. A amostragem destas cisternas e a coleta de amostras de água foram realizadas durante o período de 05 de junho a 29 de agosto de 2012, distribuídas em 5 campanhas. A coleta, armazenamento, transporte e análise foram realizados de acordo com o descrito no *Standard Methods* (2012). A análise dos resultados auxiliou na seleção dos fatores que participariam do planejamento experimental fatorial.

As 8 cisternas selecionadas estão apresentadas no Quadro 7:

Quadro 7: Localização das cisternas selecionadas para análise microbiológica da água de chuva

Fatores intervenientes que caracterizam a Casa/ Cisterna selecionada	Localização no GPS
Casa 01 – Retirada da água com balde com auxílio de corda	11°53'26"S - 38°19'42" WO
Casa 02 – Ausência de tela de proteção de calhas	11° 53'23"S - 38°18'07" WO
Casa 03 – Casa Modelo	11°37'39"S - 38°19'10" WO
Casa 04 – Não realização de limpeza da cisterna	11°37'03"S - 38°21'40" WO
Casa 05 – Fossa próxima a cisterna (5 metros de distância)	11°53'26" S- 38°19'50" WO
Casa 06 – Árvores próximas ao telhado	11°35'32"S - 38°24'44" WO
Casa 07 – Ausência de desvio das primeiras águas	11°38'31"S - 38°25'08" WO
Casa 08 – Criação de galinhas	11°40'52"S - 38°24'02" WO

Em seguida foi realizado a aplicação do planejamento fatorial 2^k , no qual k representa o número de fatores a ser estudado, sendo que cada fator avaliado apresenta somente dois níveis de variação, classificados em qualitativos, por apresentarem os níveis presença e a ausência do fator.

Obviamente, na medida em que aumenta o número de fatores (k), há aumento também do número de experimentos necessários para executar o planejamento (MORAVIA, 2010; MONTGOMERY; RUNGER; HUBELE, 2011). Os fatores que serviram de critérios para seleção das variáveis do estudo foram as informações de fatores intervenientes descritos na literatura e do trabalho em campo (observação realizada), o estudo da qualidade microbiológica preliminar, definindo, desta forma, as estratégias de realização das amostragens e dos ensaios em um único dia, de modo a facilitar a realização dos experimentos.

Dentro do contexto das informações coletadas da literatura e da visita em campo, adotou-se como variáveis de entrada (fatores): balde para retirada de água do interior da cisterna (F1), realização de limpeza da cisterna em tempo inadequado (F2), presença de árvores próximas ao telhado (F3) e ausência de desvio das primeiras águas (F4), sendo observado como variáveis respostas os indicadores de qualidade microbiológica da água de chuva armazenadas em cisternas, especificamente os coliformes termotolerantes e as bactérias heterotróficas.

Dessa forma, com os dois níveis de fatores analisados (presença e ausência de fatores) e com quatro fatores analisados ($2^4 = 16$), obteve-se o resultado de 16 combinações, cada uma contendo uma variação dos fatores estudados, sendo as combinações singularmente representadas por uma cisterna. Sendo as amostras coletadas no período de 23 de janeiro a 13 de fevereiro de 2013.

Em ambas as campanhas realizadas, as cisternas selecionadas foram distribuídas de forma a ficarem igualmente distribuídas sobre a área do município, no intuito de homogeneidade da realização das amostragens.

4.3.2.2. Identificação das interações dos fatores e seleção das cisternas a serem analisadas.

As variáveis independentes foram codificadas de forma que a presença do fator recebeu a simbologia 1 e a ausência a simbologia 0. A distribuição dos fatores juntamente com as interações existente para a análise está demonstrada no Quadro 8, ressaltando que o presente planejamento experimental foi realizado em duplicata de ensaios.

Quadro 8: Matriz de planejamento das interações do presente estudo

Ensaio	Variável Natural				Variável Codificada			
	F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4
1	Presença	Ausência	Ausência	Ausência	1	0	0	0
2	Ausência	Presença	Ausência	Ausência	0	1	0	0
3	Ausência	Ausência	Presença	Ausência	0	0	1	0
4	Ausência	Ausência	Ausência	Presença	0	0	0	1
5	Presença	Presença	Ausência	Ausência	1	1	0	0
6	Presença	Ausência	Presença	Ausência	1	0	1	0
7	Presença	Ausência	Ausência	Presença	1	0	0	1
8	Ausência	Presença	Presença	Ausência	0	1	1	0
9	Ausência	Presença	Ausência	Presença	0	1	0	1
10	Ausência	Ausência	Presença	Presença	0	0	1	1
11	Presença	Presença	Presença	Ausência	1	1	1	0
12	Presença	Presença	Ausência	Presença	1	1	0	1
13	Presença	Ausência	Presença	Presença	1	0	1	1
14	Ausência	Presença	Presença	Presença	0	1	1	1
15	Presença	Presença	Presença	Presença	1	1	1	1
16	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	0	0	0	0

Para cada interação de variáveis, identificou-se a existência de determinadas quantidades de cisternas que apresentam as combinações de fatores estudadas. Para a seleção das cisternas para visita em campo, realizou-se a numeração, seguida de realização de sorteio (de forma aleatória) para a seleção de duas cisternas por combinação.

Ao final deste processo de sorteio, as cisternas selecionadas encontram-se apresentados no Quadro 9

Quadro 9: Cisternas selecionadas organizadas de acordo com o ensaio e com o fator

Ensaio	Fator	Nome (Placa/Comunidade)	Localização
1	F1	Rosalina Pereira dos Santos (409.788 / Km 8)	11°53'40"S/38°19'56"W0
2	F2	Ivana dos Santos (315.759/Colônia Roberto Santos)	11°37'03"S/38°21'40"W0

Ensaio	Fator	Nome (Placa/Comunidade)	Localização
3	F1F2	Ana Maria Ribeiro Lima (9661 / Trincheiras)	11°39'60"S/38°19'43"W
4	F3	Domingas Bispo da Silva (315.794 / Muluguzinho)	11°35'32"S/38°24'44"W
5	F1F3	Maria Jose de Souza Caldeira (269.136 / Km 8)	11°53'16"S/38°19'43"W
6	F2F3	Maria Camila Nascimento Filha (9749 / Trincheiras)	11°39'31"S/38°19'40"W
7	F1F2F3	Valquíria Rodrigues dos Santos (9686 / Trincheiras)	11°39'59"S/38°19'44"W
8	F4	Fabricio Bispo dos Santos (409.840 / Km 8)	11°52'58"S/38°19'21"W
9	F1F4	Priscila Leite Pereira Ramos (269.137 / Km 8)	11°53'26"S/38°19'42"W
10	F2F4	Juarez Nunes da Silva (9748 / Trincheiras)	11°40'01"S/38°19'42"W
11	F3F4	Maria do Carmo Barbosa (268.566 / Boqueirão)	11°53'40"S/38°17'24"W
12	F1F2F4	Maria Amélia da Conceição (9672 / Trincheiras)	11°39'31"S/38°19'57"W
13	F1F3F4	Maria dos Santos Cruz (409.754 / Aldeia)	11°55'16"S/38°19'48"W
14	F2F3F4	Domingas dos Santos Gonçalves (9743 / Trincheiras)	11°40'08"S/38°19'35"W
15	F1F2F3F4	Jose Amâncio dos S. Filho (315.990 / Lagoa Comprida)	11°38'27"S/38°25'04"W
16	(I)	Renata Meireles Batista dos Santos (409.787 / Km 8)	11°53'23"S/38°18'07"W
17	F1	Maria Jose Nunes da Silva (409.781 / Km 8)	11°53'33"S/38°19'37"W
18	F2	Jaciele Xavier dos Santos (409.799/Lagoa Comprida)	11°38'31"S/38°25'08"W
19	F1F2	Beatriz dos Santos Carneiro (409.831 / Muluguzinho)	11°35'20"S/38°24'54"W
20	F3	Eulina dos Santos Souza (269.141 / Km 8)	11°53'26"S/38°19'50"W
21	F1F3	Maria Isabel dos Santos Barbosa (309.483/Boqueirão)	11°53'13"S/38°17'13"W
22	F2F3	Maria Dantas da Silva (315.859 / Aldeia)	11°55'28"S/38°20'34"W
23	F1F2F3	Veraldina da Silva Oliveira (9684 / Trincheiras)	11°39'57"S/38°19'43"W
24	F4	Gregório dos Santos (309.475 / Boqueirão)	11°53'32"S/38°17'12"W
25	F1F4	Edicarla O. S. do Nascimento (315.883/Campo Grande)	11°44'25"S/38°27'08"W
26	F2F4	Lionice Maria de Matos (315.986 / Tanquinho)	11°38'29"S/38°24'10"W
27	F3F4	Joselita da Conceição Santana (268.544 / Boqueirão)	11°53'40"S/38°17'24"W
28	F1F2F4	Simone do N. dos Santos (315.748 / Colônia Nova)	11°35'14"S/38°22'25"W
29	F1F3F4	Antônio Carlos Ribeiro Lima (268.563 / Boqueirão)	11°53'55"S/38°17'48"W
30	F2F3F4	Jóilson do Nascimento Santos (315.854 / Cotias)	11°40'52"S/38°24'02"W
31	F1F2F3F4	Marlene de Souza Santana (9707 / Cotias)	11°40'57"S/38°24'02"W
32	(I)	Agapito da Silva (315.975 / Gameleira)	11°37'39"S/38°19'10"W

(I) – Identidade – não apresenta nenhum dos fatores selecionados

4.3.2.3 Coleta, armazenamento, transporte e análise de amostras de água de chuva

As amostras de água de chuva foram coletadas e armazenadas em frascos de vidro esterilizados fornecidos pelo Laboratório de Microbiologia e Análise Ecotoxicologia do Departamento de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica da UFBA (LABDEA / EPUFBA), de acordo com o procedimento nº 9.060 A e B, descrito no *Standard Method* 2012, evitando-se o contato direto da boca do recipiente com a saída de líquidos (neste caso a boca da bomba manual ou a borda do balde) e não apoiando a tampa que irá fechar o recipiente sobre nenhuma superfícies. Destaca-se que para cada fator analisado foi realizada a coleta de uma amostra água, sendo realizado outra visita para o recolhimento da amostra duplicata, sempre acondicionadas em caixas de isopor, com resfriamento por meio de gelo. As amostras de água coletadas e acondicionadas de forma adequada para análise

foram transportadas para o Laboratório no prazo máximo de 08 horas depois a coleta.

A técnica aplicada para o indicador coliformes termotolerantes foi de membrana filtrante, descrito pelo procedimento nº 9222 D e E, e para o indicador bactérias heterotróficas, a técnica utilizada foi a de contagem em placas por derramamento (*pour plate*), de acordo com o procedimento nº 9.215 A, ambos descritos pelo *Standard Methods 2012* (RICE, 2012), sendo as análises realizadas pela própria autora, de acordo com os procedimentos laboratoriais estabelecidos, de modo a minimizar a influência externa, e, assim, garantir as características de qualidade próxima do original das amostras.

Um quadro resumo destas informações encontra-se apresentado no Apêndice B.

4.3.2.4. Método de análise e avaliação dos resultados

Os resultados das variáveis respostas foram analisados utilizando o *Minitab Statistical Software*, versão 14, da empresa Minitab, resultando na identificação dos fatores intervenientes que influenciam e que não influenciam na variável resposta, alcançando desta forma os efeitos significativos, sendo eles efeitos principais e de interação. Pelo meio da análise estatística dos efeitos, pode-se avaliar a sua significância estatística de cada elemento (fator), ou de alguma interação de fatores sobre a variável resposta desejada do processo. A avaliação do modelo pode ser feita por meio da análise de variância (ANOVA), que afere a significância dos efeitos principais e das interações entre as variáveis (MORAVIA, 2010).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 OBSERVAÇÃO REALIZADA

As informações obtidas por meio de técnica de observação participante foram fundamentais para a evolução da pesquisa. A observação “in loco” e o contato com a comunidade permitiram avaliar o estado de conservação, usos das estruturas do sistema de captação e armazenamento das águas de chuva (SAAC), assim como entender o impacto que as “cisternas” exercem um impacto na qualidade de vida da população da zona rural do município de Inhambupe/BA.

O projeto de aproveitamento de água de chuva em Inhambupe/BA foi iniciado em 2004 com a implantação de 19 “cisternas” pelo Movimento de Organização Comunitária (MOC), como uma tentativa de solucionar o problema de abastecimento de água na zona rural do Município. Como sua avaliação foi positiva, este projeto continuou a implantar o SAAC.

Atualmente, o projeto é gerenciado pela ASA e conta com um total de 726 unidades implantadas na zona rural do Município, sendo que apenas 19 cisternas (2,6%) foram caracterizadas como inativas⁶, ou seja, quando não há qualquer aproveitamento das estruturas. Dentre as 707 unidades que estão sendo utilizadas, 43 unidades apresentam utilização que difere da proposta original do projeto, ou seja, o reservatório é utilizado para armazenar água de outras fontes além da pluvial (Tabela 1).

Conforme a Tabela 1, foram identificadas diferentes fontes de abastecimento (n = 5) para os reservatórios do SAAC na zona rural de Inhambupe, destacando-se a captação de água de chuva com ocorrências exclusiva e mista em 92,4% e 4,8%, respectivamente. A maioria expressiva da fonte pluvial era esperada, por se tratar de um sistema de captação da mesma e da orientação do curso de capacitação de não inserção de fontes alternativas de água no reservatório. Ainda assim, esta prática foi observada em 4,8% das residências avaliadas, sendo resultante do volume

⁶ Inativas: São cisternas consideradas em situação de abandono, como os casos em que a casa encontra-se vazia, não apresentando utilidade para a cisterna, ou o terreno apresenta a cisterna solitária em seu espaço, pois o proprietário desmanchou toda a residência juntamente com todos os outros componentes do SAAC, sendo consideradas também como desativadas.

insuficiente de água de chuva para abastecer a família em seus respectivos usos durante o período de seca.

A utilização de fontes alternativas também foi observado por Santos (2008), que ao avaliar os SAACs do município de Serrinha/BA, identificou que além de água de chuva, cerca de 49% das cisternas também armazenavam água de outras fontes como, carro pipas e de barreiros, prática que ocorre por causa do volume armazenado de água de chuva não ser o suficiente para abastecer a família no período de estiagem, em consequência de fatores como gerenciamento adotado, tamanho do reservatório, períodos de chuva, entre outros, resultando na compra de água, a ser armazenada na cisterna.

Tabela 1: Origem da água armazenada na cisterna

Origem da água no interior da cisterna	N	%
Chuva	645	92,4
Chuva / Cerb	26	3,7
Chuva / Embasa	1	0,1
Chuva / Poço (Água Salobra)	4	0,7
Chuva/ Carro pipa	2	0,3
CERB (Sistemas Implementados)	9	1,3
Água de Poço (Água Salobra)	1	0,1
S.R.	10	1,4
Total	707	100,0

Um aspecto relevante para obtenção de uma qualidade melhor da água de chuva é o manejo do SAAC (considerando como manejo a administração de um conjunto de procedimentos e intervenções no sistema que resultam em benefícios a qualidade da água de chuva armazenada em cisternas), sendo relacionado o manejo a operação (conexo ao reservatório e a qualidade da água) e a manutenção (dos componentes do SAAC) deste sistema.

Das cisternas que estão ativas, geralmente o manejo relacionado a operação do SAAC é realiza pela mulher, por ficar maior tempo na residência, com responsabilidade das tarefas domésticas e com maior facilidade em assimilar os ensinamentos da capacitação realizada. Destaca-se que a mulher não é a única a realizar o manejo da cisterna, como por exemplo, os cuidados com a limpeza do interior da cisterna (Tabela 2). Observou-se que quem normalmente realiza esta limpeza interior da cisterna é algum componente familiar, como: marido, filho(s), filha(s), sobrinhos e genros, representando 64,1% das observações, o que mostra desta forma que os cuidados com a cisterna são compartilhados entre os moradores na residência. Cerca de 26% das cisternas observadas não apresentam limpeza,

pois a quantidade de água utilizada no interior da residência é inferior ao volume reservado, havendo uma “sobra” de água na cisterna, impossibilitando a sua limpeza em períodos determinados e 4,4% pagam para limpar a cisterna.

Tabela 2: Responsável pela limpeza da cisterna

Responsável pela Limpeza da Cisterna	n	%
Componente familiar	453	64,1
Inquilino	2	0,3
Paga para limpar	31	4,4
Nunca esvaziou	184	26,0
S.R.	37	5,2
Total	707	100,0

S.R. = Sem Resposta

Com relação ao manejo relacionado à manutenção, alguns componentes do sistema que devem ser considerados, dentre eles: a cisterna, a limpeza dos telhados e a manutenção da integridade da cisterna e da fossa absorvente, caso exista.

Todo reservatório de armazenamento de água, assim como as cisternas devem passar por limpeza em períodos determinados (Tabela 3). Segundo orientação da capacitação, a limpeza da cisterna deve ser realizada anualmente, sempre próximo a época de início das chuvas. As famílias que realizam a limpeza anualmente representam 37,3% das observações realizadas. Destaca-se que quando a cisterna no período de limpeza estiver muito cheia para ser esvaziada, pode-se deixar para realizar a higienização da cisterna num intervalo de tempo maior, desde que esta recomendação não se torne uma regra, o que foi observado em 30,6% das cisternas. O terceiro maior período foi a limpeza semestral com 18,4% do total das observações, sendo que os outros períodos de limpeza totalizaram 13,7% das observações realizadas.

Santos (2008) encontrou para o período de limpeza das cisternas de Serrinha/BA, em sua grande maioria, a limpeza anual, seguido pela limpeza nos períodos superiores a 01 ano ou quando a cisterna esvazia com 12,5% das observações e limpeza semestral com 6,9% das observações realizadas pelo autor, apresentando, desta forma, resultados semelhantes a esta pesquisa, embora com proporções diferenciadas.

Tabela 3: Período de Limpeza da Cisterna

Período de Limpeza da Cisterna	n	%
Diferente (< 6 meses)	31	4,4
Semestral	130	18,4
Anual	264	37,3

Período de Limpeza da Cisterna	n	%
Diferente (>1 ano)	38	5,4
Não realiza limpeza	216	30,6
S.R.	28	4,0
Total	707	100,0

Como em geral, a zona rural não é dotada de sistema de coleta, tratamento e destinação final dos esgotos sanitários, a forma utilizada para a destinação dos esgotos do banheiro é a fossa absorvente. Os resultados observados à respeito de ausência ou presença de fossa, e da sua respectiva distância da cisterna estão descritos na Tabela 4. A recomendação da ASA é que a cisterna seja construída a uma distância igual ou maior a 10 metros de distância da fossa absorvente, representados por 72,2% das observações realizadas. Nos poucos casos em que a cisterna foi construída antes da fossa absorvente, a responsabilidade de manter a distância indicada pela ASA é da família. Em alguns casos estes se esqueceram da recomendação e acabaram construindo a fossa absorvente a uma distância inferior a 10 metros, como os 5,4% das observações. 27,7% das casas observadas não dispõem de fossa absorvente.

Tavares (2009), em seu trabalho com a região do Semiárido paraibano, identificou que 79% das casas das famílias da zona rural dessa região apresentam a fossa absorvente, em contrapartida aos 21% das casas que não apresentam, resultados parecidos aos dessa pesquisa.

Tabela 4: Presença de fossa absorvente nas proximidades da cisterna

Fossa absorvente	n	%
Sim (até 10m)	38	5,4
Sim (>10m)	472	66,8
Não	196	27,7
S.R.	1	0,1
Total	707	100,0

Todas as áreas de coleta de água de chuva observadas nas residências são compostas por telhados cerâmicos, que faz parte do sistema de aproveitamento de água de chuva, implementado pela ASA. As residências que apresentam telhados de amianto não são utilizadas para a realização da coleta de água por causa do risco de contaminação química provocado pelo mesmo. Quanto ao telhado metálico, esse é praticamente inexistente na região em estudo. Em relação ao material utilizado para a construção das cisternas, todas são feitas de placas fibrocimento produzidas pela ASA, construídas por pedreiros capacitados, no local destinado a este reservatório.

A superfície de coleta é externa, e, por ser o componente do SAAC mais vulnerável à contaminação de diversas origens, torna-se a principal fonte de contaminantes, devendo ser limpa periodicamente. Ao seguir este procedimento, evita-se o risco da presença de contaminantes na cisterna.

Um dado que foi relatado por todas as famílias atendidas com a cisterna no município em estudo e, conseqüentemente entrevistadas, é que eles não realizam a limpeza da superfície de coleta, pois acreditam que a realização da limpeza ocorre com o início da chuva, nos primeiros minutos ou que seus telhados não apresentam sujeiras, pois eles nunca viram a ocorrência de nenhum animal nesta área, considerando, assim, que a realização desta limpeza é redundante, inútil, além do fato de o telhado ser de difícil acesso para a realização de limpeza. Como resultado, percebe-se que não existe limpeza da área de captação dos SAAC de Inhambupe, pois 100% das residências pesquisadas não realizam limpeza dos seus telhados.

Tavares (2007), em estudo no Semiárido paraibano, constatou que em 75% das casas com cisternas existia a limpeza do telhado. Este resultado é praticamente o oposto do encontrado por esse estudo, indicando que pode ser um hábito regional a não realização de limpeza dos telhados.

Uma das possíveis fontes de contaminação dos telhados é a presença de árvores próximas a esta superfície (até 10 metros), sendo uma característica bastante marcante na região pesquisada, principalmente, por se tratar de zona rural. Esta característica da observação participante apresentou um valor superior a 90% das observações realizadas. O restante das residências observadas apresentou árvores com distâncias superiores a 10 metros dos telhados (representado por 5,9% das observações) ou que não existem árvores próximas ao telhado (1,8%). Como mostrado na Tabela 5 a presença das árvores próximas às superfícies de coleta é um fator interveniente importante, pois pode contribuir, por meio de folhas e galhos que se depositam no telhado, com matéria orgânica para o interior das cisternas, que caso não sejam retiradas antes que cheguem ao interior dessas, podem contribuir para alterar a qualidade da água de chuva coletada. Para evitar essa contribuição recomenda-se uma distância mínima de 10 metros entre as árvores e a área de coleta, padrão adotado pela ASA.

A presença de árvores na área de estudo de Santos (2008) está representada por 44,5% das observações realizadas pelo autor, sendo que 23,6% apresentam árvores

até 10 metros da área de coleta de água de chuva e no restante das casas as árvores (20,8%) estão a mais de 10 metros da superfície de coleta.

Tabela 5: Presença de árvores

Presença de árvores	N	%
Sim (até 10m)	649	91,9
Sim (>10m)	42	5,9
Não	13	1,8
N.A.	3	0,4
Total	707	100,0

Um dos manejos relacionados à operação para a melhoria da qualidade da água é a realização do desvio dos primeiros das primeiras águas de chuva. A maioria das famílias estudadas afirmou realizar este descarte manualmente, sendo representado por mais de 88,5% das observações, como mostrado na Tabela 6. Os casos em que esta instrução não é realizada se deve a falta de condições da família efetuar este descarte (por se tratar de moradores idosos que não conseguem realizá-lo) ou por não estar consciente da sua realização, representado por 6,7% das observações. Uma solução para os casos em que o proprietário não tem condições de realizar o desvio dos primeiros milímetros de chuva (considerado como o desvio das primeiras águas ou dos primeiros minutos de chuva para facilitar a associação) é a aplicação de um sistema de desvio automático das primeiras águas. Esta solução é bastante interessante, pois nela não é necessário que o proprietário do SAAC esteja presente no momento da chuva, necessitando apenas, ao final de cada chuva, retirar o volume acumulado no reservatório específico para o sistema de descarte das primeiras águas.

Santos (2008) verificou que 88,8% das famílias da zona rural de Serrinha/BA desviam as primeiras águas, estando esse resultado de acordo com o resultado identificado nesta pesquisa. Já Tavares (2007), em seu estudo no semiárido paraibano, encontrou resultado oposto aos encontrados neste estudo e no estudo de Santos (2008) para o desvio dos primeiros milímetros de chuva, encontrando em seu estudo apenas 23,5% das famílias realizando o desvio. ‘

Tabela 6: Sistema de descarte das primeiras águas

Sistema de descarte das primeiras águas	N	%
Sim	626	88,5
Não	47	6,7
N.A.	8	1,1
S.R.	26	3,7
Total	707	100,0

N.A. = Não se aplica

A presença do descarte das primeiras águas (equivalente ao desvio dos primeiros minutos ou milímetros de chuva) é necessária para desviar as possíveis sujeiras que possam estar presentes na superfície de coleta no início da chuva. Esta água desviada não pode ser levada para o interior da cisterna para que não haja contaminação das águas já contidas no interior das cisternas. Esta água inicial descartada pode ser utilizada para diversos usos de acordo com sua qualidade e finalidade.

Uma forma de retenção da matéria orgânica (de folhas e galhos) é por meio da tela de proteção das calhas, que é mais uma característica de manejo, e que faz parte dos componentes da cisterna, passando a ser um elemento integrante da cisterna depois de um determinado tempo de iniciado a instalação das cisternas pelo programa P1MC (Tabela 7). As primeiras cisternas instaladas no Município não continham esse componente, sendo então, verificada a entrada de muita sujeira na cisterna, mesmo com a realização do desvio das primeiras águas. O valor encontrado referente a ausência de tela de proteção das calhas (9,6% das cisternas observadas) deve-se as primeiras cisternas construídas no Município ou porque a referida tela quebrou e o proprietário não teve condições financeiras ou entendimento da necessidade de repor a peça.

Esse fato (presença de proteção das calhas) também foi verificado por Tavares (2007), onde 47,1% das casas constavam com a presença da proteção das calhas, ou seja, o resultado do estudo apresentou resultados opostos ao presente estudo.

Tabela 7: Tela de Proteção das Calhas

Tela de Proteção das Calhas	N	%
Sim	635	89,8
Não	68	9,6
N.A.	3	0,4
S.R.	1	0,1
Total	707	100,0

A não criação de peixes no interior das cisternas (Tabela 9) é uma instrução dada aos participantes do Curso de Capacitação de Recursos Hídricos, por causa da probabilidade de contaminação das águas presentes na cisterna, mas algumas famílias acabam não seguindo essa instrução e os cria, por acreditar que esses espécimes se alimentam dos microrganismos e matéria orgânica que possa vir a adentrar a cisterna, e que esses não contribuem para a contaminação da água armazenada da cisterna. As famílias que apresentam esta percepção demarcam

5,5% atendidas com a cisterna. Das famílias que criam peixes, apenas 7,7% os alimentava (Tabela 9 e 9). O restante dos sistemas observados não apresentam peixes no interior de suas cisternas (91,7%).

Santos (2008) explicou que o problema ao implantar peixes na água e prover qualquer tipo de alimento amplia a probabilidade de contaminação da água das cisternas, tornando-a imprópria ao consumo humano. O autor encontrou valores para a criação de peixes no interior da cisterna, equivalente a 27,8% das observações realizadas em sua pesquisa, sendo que destes, 70% alimentavam os peixes presentes no interior da cisterna. O autor descreve que a criação de peixes é um hábito cultural de parcelas destas famílias, podendo ser também um hábito cultural das famílias do município de Inhambupe.

Tabela 9: Criação de peixes

Criação de Peixes	N	%
Não	648	91,7
Sim	39	5,5
S.R.	20	2,8
Total	707	100,0

Tabela 8: Alimentação de peixes

Alimentação de Peixes	N	%
Sim	3	7,7
Não	36	92,3

Mais uma característica do manejo de operação relacionado aos reservatórios do SAAC é o tipo de bombeamento (Gráfico 2) sendo o mais adequado o que contribuir em menor grau para a contaminação da água de chuva armazenada, ou seja, aquele que menos influencie na qualidade da água de chuva. Seguindo esta lógica, a forma mais adequada para o bombeamento é a bomba elétrica, pois transporta a água de chuva diretamente para o tratamento ou para o local de uso, sem a introdução de nenhum fator contaminante. No SAAC adotado em Inhambupe, ainda não se sabe qual é o efeito que esse tipo de bombeamento pode provocar na estrutura do reservatório. Esta modalidade de bombeamento em Inhambupe é encontrada em 2,8% das cisternas observadas. O segundo tipo de bombeamento, menos prejudicial à qualidade da água de chuva armazenada é a bomba manual, pois previne sobre os riscos à introdução de baldes na cisterna para a retirada de água, evitando, assim, a introdução de contaminantes externos no interior da cisterna. A bomba manual é uma solução alternativa para o bombeamento elétrico, com uma representatividade de 50,2% dos SAACs observados. Mesmo sabendo que a introdução de baldes na cisterna pode provocar o ingresso de novos contaminantes no interior da mesma, e não sendo a forma mais indicada de retirada

de água do interior da cisterna, este tipo de bombeamento foi observado em 46,7% dos casos.

O procedimento de bombeamento da água de chuva, identificado neste estudo, apresenta diferença dos resultados obtidos por Santos (2008), que apresentam para a retirada da água da cisterna com balde, 70,8% das observações realizadas. Ademais, o uso de bomba foi representado por 22,3% das observações e os 6,9% restantes, representados pela associação de balde, bomba e outros.

Mas no estudo realizado por Tavares (2007) para o procedimento de bombeamento de água de chuva, os resultados apresentaram semelhança com os resultados encontrados nesse estudo. Segundo Tavares (2007), para a utilização de balde com auxílio de corda, foram observadas 47,1% das famílias realizando esta prática, sendo que 41,2% das famílias observadas retiravam a água por meio de bomba manual e 5,9% das famílias retiram a água do interior da cisterna por bomba elétrica.

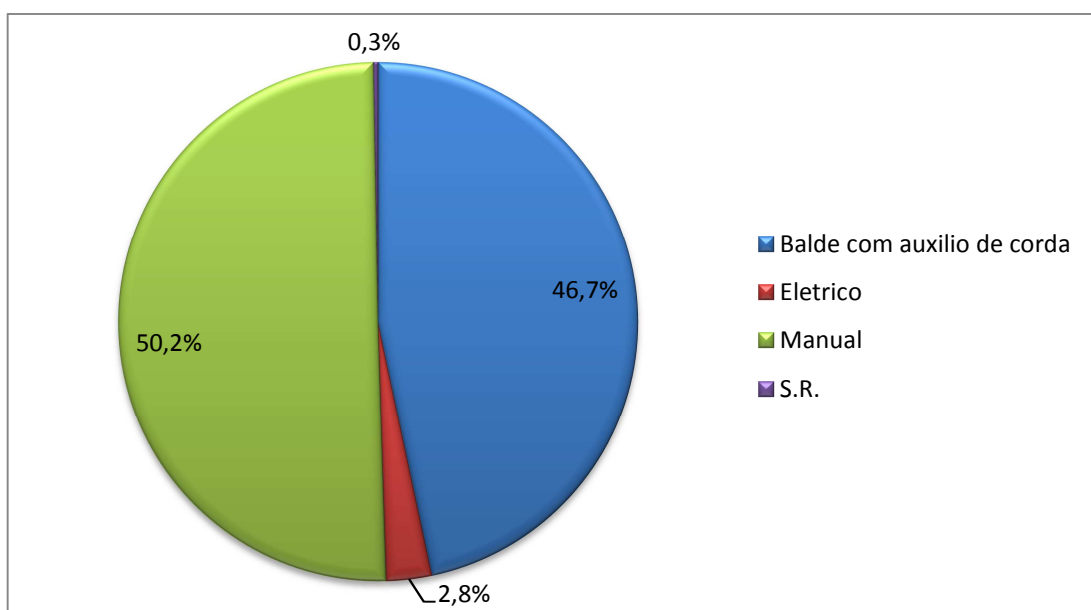


Gráfico 2: Tipo de Bombeamento

A bomba manual sempre compôs a lista dos componentes da cisterna, o que aconteceu ao longo do tempo foi o seu aperfeiçoamento. O primeiro tipo de bomba manual instalado na zona rural de Inhambupe foi o “tipo manual rodete” (Figura 13), bomba composta por roldanas e um fio de náilon. O que foi percebido ao longo do tempo é que este tipo de bomba não era o mais adequado para o SAAC instalado no Município, pois além de ser muito difícil bombear a água do interior da cisterna,

quebrava com facilidade. Esse tipo de bomba manual foi substituído pela bomba manual plástica, composta por materiais produzidos em PVC (Figura 14), mostrando-se mais fácil de manusear. Essa facilidade de manuseio não exclui a existência de bombas plásticas quebradas pelo mau uso e ressecamento pelo sol. Destaca-se que em casos que esta bomba manual quebre por falta de cuidados ou pelo ressecamento a reposição será realizada pelo proprietário do SAAC. O que normalmente ocorre nos SAACs existentes em Inhambupe com relação a substituição do sistema de bombeamento é que a bomba entregue juntamente com o sistema acaba estragando e o proprietário não tem condições financeiras de repor esta peça, e para realizar a retirada da água do interior da cisterna a família utiliza-se do balde com auxílio de corda.



Figura 13: Bomba Manual de Rodete



Figura 14: Bomba Manual de PVC

As famílias que utilizam balde com auxílio de corda como forma de retirada de água do interior da cisterna foram abordadas a respeito de onde armazenavam esse balde (Tabela 10), sendo a resposta mais frequente “dentro de casa”, com 80,3% das respostas dadas, seguido por “em cima da cisterna” com 9,4%, as outras respostas juntas resultam em algo em torno de 10%, não sendo representativas isoladamente (chão de fora de casa, no interior da cisterna e varanda). De todos os locais citados, o que pode provocar menor impacto negativo sobre a qualidade microbiológica da água de chuva, sendo considerado o mais apropriado, é no interior da casa em alguma prateleira ou pendurado, em locais distantes do banheiro, sendo realizada a limpeza do balde antes de seu uso.

O estudo de Santos (2008) também pesquisou a respeito do local onde os moradores do domicílio armazenavam o balde para a retirada de água do interior da cisterna e esse apresentou respostas semelhantes aos resultados dessa pesquisa, sendo apresentado por ele os seguintes resultados: sobre a cisterna 10,7% das observações, pendurado na cozinha com 60,6% das observações, chão da cozinha com 27% e em qualquer lugar representado por 1,7% das observações.

Tabela 10: Local de Armazenamento do Balde

Local de Armazenamento do Balde	N	%
Dentro de Casa	265	80,3
No interior da cisterna	13	3,9
Varanda	18	5,5
Em cima da cisterna	31	9,4
Chão de Fora	3	0,9
Total	330	100,0

Nesta pesquisa, questionou-se também com as famílias que utilizam balde com auxílio de corda para a retirada de água do interior da cisterna, se elas utilizavam o balde para outra utilidade, além da retirada de água da cisterna. A maioria das respostas das famílias foi que “só utilizavam o balde para a retirada de água da cisterna”, com 96,5% das observações realizadas. O restante das famílias utilizava o balde para outras utilidades, como por exemplo, para carregar água de barreiros próximos.

Santos (2008) também questionou a finalidade do balde utilizado para a retirada de água do interior da cisterna, e a grande maioria das famílias (83,3%), assim como nessa pesquisa, afirmou que só utilizam o balde com a finalidade de retirada de água do interior da cisterna.

A utilização de baldes com auxílio de corda para a retirada de água armazenada na cisterna pode provocar a contaminação das águas contidas em seu interior por causa dos possíveis contaminantes (organismos microbiológicos patogênicos e/ou matérias orgânicas) que possam estar agregados ao balde. Esta contaminação do balde pode ocorrer no local de armazenamento ou na sua utilização para outras finalidades, como por exemplo, no momento da coleta, o balde pode ser apoiado em alguma superfície que esteja contaminada, ou com a presença de fezes de animais que possam existir na propriedade (galinhas, cães, gatos), contaminar a água.

Outra forma de realização de manejo com relação a operação da cisterna é a respeito da criação de porcos (Tabela 11), galinhas (Tabela 12) e bovinos e equinos (Tabela 13), pois a presença destes animais próximos as cisternas possibilitam rotas de contaminação. Em relação à criação de porcos, houve um consenso nos relatos em que a criação destes animais não estava dando lucro, apresentando uma rentabilidade praticamente nula, por isto, o número tão reduzido de presença de chiqueiros (representado por 12,7% das observações observadas). Já com relação à criação de galinhas (Tabela 12) há um número de famílias que fazem deste tipo de criação, com 70% das observações apresentando criação de galinhas, por causa da facilidade de criação, além da produção de ovos quase que diariamente, o que contribui para o aumento da renda da família por meio da venda dos ovos produzidos. Quanto à presença de curral, juntamente com a presença de bovinos e equinos (Tabela 13), é uma ocorrência difícil por causa do custo inicial exigido deste tipo de criação e por falta de espaço no terreno da família para cria-los, sendo representado por apenas 3% do total de observações participantes realizadas.

Tabela 11: Presença de Chiqueiro

Presença de Chiqueiro	N	%
Sim	90	12,7
Não	613	86,7
S.R. e N.A.	4	0,5
Total	707	100,0

Tabela 12: Presença de Galinheiro

Presença de Galinheiro	N	%
Sim (moita)	235	33,2
Sim	260	36,8
Não	208	29,4
S.R. e N.A.	4	0,5
Total	707	100,0

Tabela 13: Presença de Curral

Presença de Curral	N	%
Sim	21	3,0
Não	682	96,5
S.R. e N.A.	4	0,4
Total	707	100,0

Foi observado que a maior parte das residências apresenta algum tipo de tratamento da água no interior da residência antes do seu consumo, representado por 83% das observações. Existem residências que consomem a água da cisterna diretamente, sem a aplicação de nenhum tipo de tratamento (cerca de 11,5% das observações), sendo apresentadas três tipos de justificativas para não tratarem a água coletada. Dentre estas justificativas, o fato da água de chuva coletada ser limpa o suficiente para não necessitar de tratamento antes da sua utilização. Houve um grupo de famílias que optou por não responder ao questionamento de existência de tratamento da água, resultando em 5,5% de observações. Ao se questionar a respeito do tipo de tratamento aplicado no interior da casa à água retirada da cisterna foram descritos variados tratamentos, como mostrado na Tabela 14.

Destaca-se que os principais tratamentos observados foram: clorar, ferver, SODIS – tratamento utilizado para desinfecção das águas por radiação solar, considerado como tratamento alternativo, filtrar (filtro de barro) e coar. Algumas famílias só utilizavam um tipo de tratamento, enquanto em outras foram observados tratamentos associados.

O procedimento de tratamento da água de chuva com vários tipos de tratamento, identificado nesta pesquisa, também é apresentado nos resultados de Tavares (2007) sendo encontrado pelo referido autor uma maior concentração de realização de tratamento de cloração, com 51,6% das observações realizadas, enquanto a filtração apresenta uma concentração de 38,7% das observações, decantação 3,2% das observações e 6,5% das famílias não realizavam tratamento. Já em Tavares (2009), em outro estudo sobre o Semiárido paraibano, foi percebido que 12,6% das famílias utilizavam água de chuva acumulada em cisterna, sem a realização de tratamento antes do consumo desta água.

Silva e Almeida (2012) identificaram que 37,5% das famílias de um bairro de Mogeiro/PB realizam tratamento das águas de chuva armazenadas em cisternas, em contrapartida, 62,5% das famílias desse bairro não realizam tratamento, apresentando resultados opostos aos resultados obtidos neste estudo.

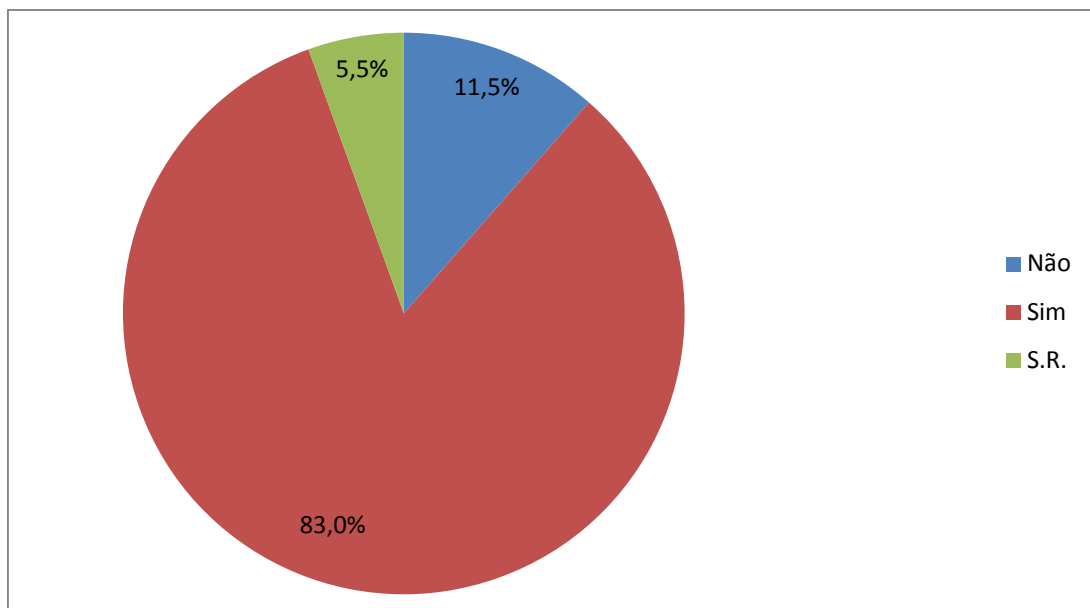


Gráfico 3: Presença de tratamento

Tabela 14: Tipo de Tratamento

Tipo de Tratamento	n	%
Cloração	135	23,0
Cloração (N.M.U.)	15	2,6
Cloração (N.M.U.)/ Trat. Alternativo (SODIS)	1	0,2
Cloração / Filtração	49	8,3
Cloração (N.M.U.)/ Filtração	14	2,4
Cloração/ Trat. Alternativo	1	0,2
Cloração (quando lava a cisterna)	1	0,2
Ferver / Cloração	1	0,2
Ferver/ Cloração/ Filtração	1	0,2
Ferver/ Cloração/ Filtração/ Trat. Alternativo (SODIS)	1	0,2
Ferver/ Filtração	2	0,3
Filtração	60	10,2
Filtração/ Trat. Alternativo (SODIS)	2	0,3
Trat. Alternativo (SODIS)	2	0,3
Coar	131	22,3
Coar / Cloração	61	10,4
Coar/ Cloração (N.M.U.)	19	3,2
Coar / Cloração/ Filtração	1	0,2
Coar / Cloração (N.M.U.)/ Filtração	4	0,7
Coar/ Cloração/ Filtração/ Trat. Alternativo	1	0,2
Coar/ Cloração/ Trat. Alternativo	1	0,2
Coar / ferver	2	0,3
Coar/ Ferver/ Cloração/ Trat. Alternativo (SODIS)	1	0,2
Coar/ Ferver/ Filtração	1	0,2
Coar / Filtração	60	10,2
Coar/ Filtração/ Cloração	18	3,1
Coar/ Trat. Alternativo	1	0,2
Nunca encheu	1	0,2
Total	587	100,0

*N.M.U. = No Momento do Uso

A realização dos principais tratamentos observados no Município em estudo estão descritos à seguir.

O ato de coar se realiza por meio do processo físico de passagem de um líquido através de um coador (no município de Inhambupe utiliza-se muito um pano de prato) para a remoção de detritos maiores, sendo armazenado em um recipiente no interior da residência.

A cloração ocorre na comunidade por duas formas: a primeira pela introdução direta de cloro na cisterna, sendo realizada em grandes intervalos de tempo; ou em momentos antes sua utilização, pela introdução de 0,1ml (equivalente a 02 gotas) de hipoclorito de sódio à 2,5% para cada 1 litro de água a ser utilizada, sendo que existe a possibilidade de permanecer o “gosto” do cloro na água. Nestes casos, a realização de cloração deverá ocorrer na noite anterior ao do consumo para se evitar a presença desse “gosto”. O hipoclorito de sódio utilizado para tratamento é disponibilizado pelo Ministério da Saúde (Figura 15) e em casos de ausência desse insumo, pode se realizar a cloração com água sanitária sem cheiro (que tem a mesma composição do hipoclorito de sódio disponibilizado pelo Ministério da Saúde), embora poucos moradores tenham conhecimento desta substituição.

Quanto à filtração, com a presença de filtros de barros, eles são processos físicos de passagem por filtros de vela que removem os detritos menores, podendo filtrar, por exemplo, ovos de helmintos e oocistos de *Cryptosporidium* ou cistos de *Giardia*.

A aplicação e os benefícios da fervura da água antes do consumo são benéficos porque inativam ou praticamente eliminam os microrganismos presentes na água devido ao aumento da temperatura da água.

E por último, o tratamento alternativo, ou seja, a utilização de SODIS (*Solar Water Disinfection*), tratamento em que se realiza a desinfecção da água por meio da exposição do líquido a radiação solar. Para a realização deste tratamento, a população do Município coloca água em recipientes plásticos e os submetem a radiação solar por um determinado tempo, eliminando desta forma os possíveis microrganismos presentes na água. Este tratamento é indicado no curso de capacitação como tratamento alternativo em casos de ausência de hipoclorito de sódio.



Figura 15: Hipoclorito de Sódio a 2,5% disponibilizado pelo Ministério da Saúde

74,1% das famílias que realizavam tratamento não apresentaram despesas relacionadas ao mesmo, enquanto o restante das famílias (25,9%) aplicam água sanitária sem cheiro em substituição ao hipoclorito de sódio do Ministério da Saúde, não sabendo ao certo o custo relacionado a compra desta água sanitária. Foi relatado que o hipoclorito de sódio a 2,5% não se encontra disponibilizado pelo Ministério da Saúde há algum tempo, por isso, a ocorrência da compra da água sanitária para a realização do tratamento.

Para quem não aplica tratamento, as respostas dadas foram classificadas em três tipos, para melhor entendimento, como mostrado no Gráfico 4: “não tem condições de implementar o tratamento”, representado por 34,6% das famílias que não aplicam tratamento; “não verifica a necessidade de tratamento”, representado por 61,7%; e por último, há famílias que verificam “os pontos de utilização que não necessitam de tratamento”, sendo estas, representadas por 3,7% das observações destinadas a não utilização de tratamento.

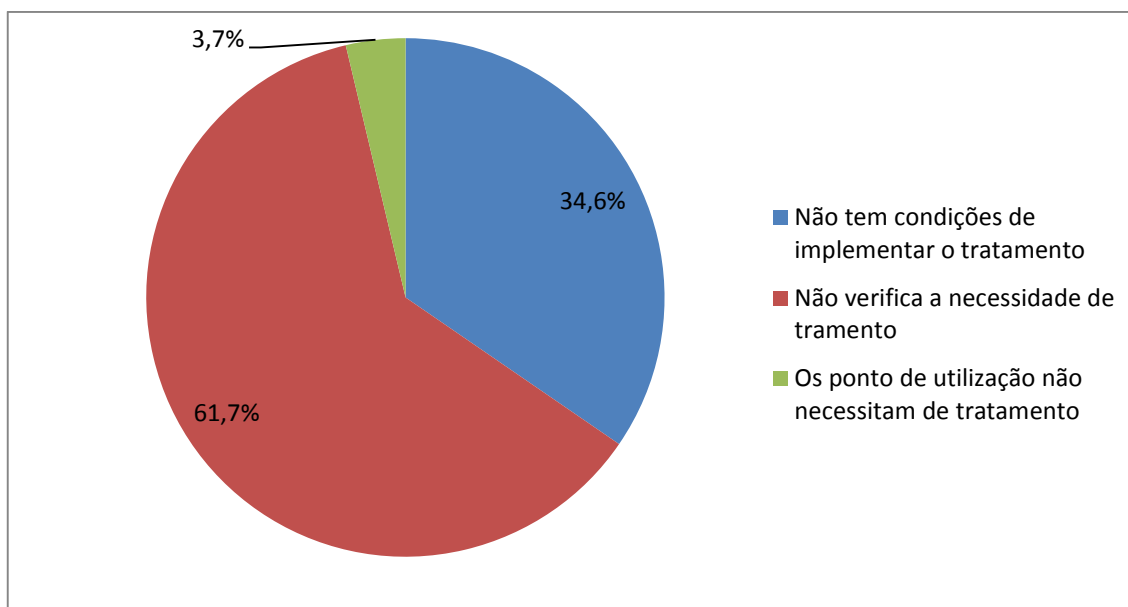


Gráfico 4: Motivos para não utilização de tratamento

O tratamento normalmente é utilizado para aumentar a possibilidade de uso das águas de chuvas armazenadas em cisternas, pois o tratamento possibilita a água de chuva alcançar padrões de potabilidade. Destaca-se que a cisterna é projetada para abastecer uma família, composta por 05 pessoas, pelo período de 8 meses (relativos aos meses de seca) com a finalidade de consumo humano (bebida), cozinhar e escovar os dentes. Mas o que ocorre é que o volume de armazenamento projetado é destinado para outros usos não presentes na proposta inicial, sendo que esta utilização ocorre por causa das intermitências no fornecimento de água local. As famílias que ficam desabastecidas utilizam a água acumulada na cisterna para alguns usos específicos da casa, como a lavagem de pratos, lavagem de roupas, principalmente, as brancas e as novas, descarga de vaso sanitário, banho, regar jardim, agricultura, dessedentação de animais e limpeza da casa, como expressos na Tabela 15. Salienta-se que a utilização de água de chuva não ocorre simultaneamente em todos estes pontos descritos e nem em todas as casas. O que mais ocorre na ausência de fornecimento de água local, além dos usos previstos para a água armazenada na cisterna, é a realização de banho (representado 33,9% das observações realizadas).

Santos (2008) identificou que 87,5% das famílias da zona rural de Serrinha / BA utilizam a água de chuva para beber e cozinhar, e 12,5% das famílias utilizam a

água de chuva para tudo, estando de acordo com os resultados obtidos nesta pesquisa.

Tabela 15: Uso da água de cisterna

Locais de Uso	N	%
Bebida (Ingestão Direta)	560	79,2
Chuveiro/ Banho	240	33,9
Lavanderia	189	26,7
Pia do Banheiro	212	30,0
Pia de Cozinha	148	20,9
Preparação de Alimentos	516	73,0
Outros	208	29,4

Os fatores descritos anteriormente, e os dados apresentados, indicam variáveis com potencial de intervir na qualidade microbiológica da água de chuva, mas aqueles que mais se destacaram a luz da literatura específica foram: a utilização de balde com auxílio de corda para a retirada de água do interior da cisterna, a ausência de desvio das primeiras águas, ausência da tela de proteção das calhas, presença de árvores próximas ao telhado, criação de galinhas, período de limpeza da cisterna diferente do indicado no curso de capacitação, presença de fossa absorvente próxima à cisterna, aplicação de tratamento e tipo de tratamento, tipo de material do telhado e da cisterna, realização de limpeza da cisterna e para fator de comparação casa modelo ou identidade (por não apresentar nenhuma não conformidade no manejo a ser aplicado). Mas nem todos estes fatores foram analisados em relação à qualidade microbiológica da água de chuva, como por exemplo, tipo de material do telhado e da cisterna, por ser o mesmo material, e, no caso da limpeza do telhado, por não haver a presença de limpeza do telhado das residências rurais do município de Inhambupe. Desse modo ficam sete fatores a serem analisados, mais o fator identidade (tratamento que não apresenta nenhum dos fatores selecionados, considerada como casa modelo).

Existe a interrelação entre os sete fatores selecionados, com dois níveis de avaliação (presença e ausência do fator), produzindo desta forma 128 interações, sendo que um deles apresenta-se como sendo a Identidade, sete se apresentam com a presença de apenas um dos setes fatores descrito, permanecendo ao final de 120 interrelações direcionados às interações entre os fatores. Ao se analisar quantitativamente as interações existente na formatação deste “plano experimental”, pode-se perceber que as ordens intermediárias são as que apresentam o maior número de interações com o menor número registrado de cisternas com estes

fatores. Ou seja, as interações presentes na 3ª, 4ª e 5ª ordens são as que apresentam o maior número de interações, mas em contrapartida cada interrelações contém baixos valores (alguns até nulos) de cisternas que apresentassem os fatores característicos nestas interações. Cabe ressaltar que interrelações superiores a casa da 2ª ordem podem ser desprezíveis, principalmente, nos casos em que se tem um grande número de fatores a se analisar.

5.2 RELAÇÃO ENTRE A QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DE CHUVA ARMAZENADA EM CISTERNA E OS FATORES INTERVENIENTES

No período de coleta das amostras de água de chuva para análise da sua qualidade, houve a ocorrência da redução do volume precipitado na região semiárida, apresentando-se como um baixo índice pluviométrico, caracterizando o período como sendo uma ocasião atípica em relação as chuvas, atingindo, conseqüentemente, o município de Inhambupe/BA e também dificultando a realização de coleta das amostras por ter um reduzido volume acumulado nos reservatórios.

Apesar da limpeza do telhado ser um fator interveniente importante pela literatura para a contaminação microbiológica da água de chuva recolhida por esta superfície de coleta, este fator não foi selecionado, pois todas as residências do município de Inhambupe/BA (100% das entrevistas realizadas) não realizam a limpeza do telhado por acreditar que a realização da limpeza ocorre com o início da chuva, nos primeiros minutos ou que seus telhados não apresentam sujeiras, pois eles nunca viram a ocorrência de nenhum animal nesta área, considerando, desta forma, que a realização deste tipo de manejo seja algo desnecessário, além de o telhado ser um local de difícil acesso para a realização de limpeza.

Ao analisar os resultados relativos à coliformes termotolerantes, presentes na Tabela 16, percebe-se que as amostras das casas analisadas apresentam valores positivos para o bioindicador analisado, indicando a contaminação fecal recente. A exceção dos resultados das análises para coliformes termotolerantes, a casa 02 (cisterna que apresenta ausência de tela de proteção) apresentou resultados inferiores a <1 UFC/100mL, indicando que as águas armazenadas na cisterna não

apresentam contaminação recente. Ou seja, cerca de 77,5% das amostras analisadas apresentam valores de coliformes termotolerantes.

May (2004) ao realizar suas análises referentes a indicadores microbiológicos em água de chuva armazenada em cisternas encontrou 50% de amostras positivas para coliformes termotolerantes. Já na pesquisa realizada por Oliveira (2008) foram encontrados coliformes termotolerantes em todas as amostras (100%) de água de chuva armazenadas em cisternas quando o sistema que não apresentava desvio das primeiras águas (equivalente a casa 07 desta pesquisa), com uma média de 165UFC/100mL, sistema este localizado no município de Ouro Preto-MG.

Rebello (2004) em sua pesquisa de proposição a criação de um instrumento que sirva para o controle da qualidade da água de chuva quanto à adequação aos usos em instalações prediais, experimento realizado no município de Santana do Parnaíba, analisou, em uma de suas fases, a qualidade da água de chuva armazenada em cisternas e encontrou 90% de amostras positivas para coliformes termotolerantes, apresentando como média final 57 NMP/100mL.

Santos (2008) em estudo da qualidade microbiológica da água de chuva no município de Serrinha, encontrou presença de *E. coli* em 100% das amostras, com valores variando entre $\leq 1,1$ a > 23 NMP/100mL, resultados provenientes de análises de 72 cisternas.

A casa 05 (SAAC que apresenta fossa absorvente próxima a cisterna) da presente pesquisa só poderia apresentar contaminação da água de chuva armazenada na cisterna com coliformes termotolerantes caso a parte submersa estivesse rachada por algum motivo (possivelmente devido a mal cuidado) e a fossa absorvente contribuísse para infiltrar os esgotos na rachadura da cisterna, vindo atingir o interior da cisterna e, conseqüentemente, contribuindo para contaminar a água armazenada na cisterna, resultando em um elevado valor do bioindicador analisado. Dessa forma, a contaminação com coliformes termotolerantes da cisterna localizada na casa 05 deve ser de outra procedência, devendo este fator ser descartado como interveniente na qualidade microbiológica da água de chuva.

Tabela 16: Resultados das análises microbiológicas

Casa	Coliformes Termotolerantes (UFC/100 mL)					Media	Mediana	Desvio Padrão
	Campanha 01 (05/06)	Campanha 02 (20/06)	Campanha 03 (10/07)	Campanha 04 (23/07)	Campanha 05 (29/08)			
01 – Balde	10	95	11	63	20	40	20	38
02 – Calhas	<10	<1	<1	<1	<1	<1	<1	0
03 – Modelo	10	200	22	<1	<1	77	10	86
04 – Limpeza	60	<1	<1	2	<1	31	<1	27
Controle	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	0
05 – Fossa	10	8	>300	5	8	6	8	4
06 – Árvores	160	13	43	14	2	46	14	65
07 - 1ª água	10	3	16	3	8	8	8	5
08 – Galinha	20	3	37	1	24	17	20	15
Controle	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	0

Legenda:

Casa 01: Balde com Auxílio de Corda

Casa 02: Ausência de Proteção das Calhas

Casa 03: Casa modelo

Casa 04: Não Realiza Limpeza da Cisterna

Casa 05: Fossa absorvente próxima à cisterna

Casa 06: Árvore próxima ao telhado

Casa 07: Ausência de desvio das primeiras águas

Casa 08: Presença de galinhas.

Ao analisar a

Figura16 e o Gráfico 24 percebe-se que os valores máximos encontrados são encontrados na casa 03 (considerada como a casa modelo) e na casa 05 (casa que apresenta cisterna próxima a fossa), mas essas casas exibem medianas baixas. Os valores elevados são atribuído a, especificamente, uma campanha realizada em cada uma das cisternas em que estas encontravam-se vazia, estando próximo ao dia de realização de sua limpeza, ou seja, as cisternas encontrava-se somente com o volume necessário para não rachar as suas estruturas. Acredita-se que o que pode ter ocorrido com as cisternas destas casas é que ao se coletar água bem próximo ao fundo da cisterna, pode ter ocorrido uma movimentação do material sedimentado, gerando um ressurgimento das partículas localizadas no fundo da cisterna, que podem conter microrganismos que tenham se depositado no fundo da cisterna no momento de sedimentação. Isso indica que a sedimentação da água pode carrear microrganismos, que se juntam às partículas sedimentáveis. Estes resultados demonstram a importância da limpeza dos reservatórios e a não utilização do volume reservado para a garantia da integridade física do reservatório.

Quanto aos valores encontrados na casa 01 (a água da cisterna é retirada por meio de balde com auxílio de corda) e na casa 06 (apresenta árvores próximas ao telhado) percebe-se concentração de coliformes termotolerantes bem distribuída nas amostras. As medianas das cisternas destas casas são maiores do que as medianas referentes as cisternas das casas 03 e 05. Com isto, os fatores intervenientes que caracterizam as casas 01 e 06 podem exercer uma maior influência sobre a qualidade microbiológica da água de chuva do que os outros fatores intervenientes estudados. Ou seja, estes dois fatores intervenientes independentes (sem o complemento, associação ou interferência de qualquer outro fator) podem provocar as maiores interferências sobre a qualidade microbiológica da água de chuva do que os outros fatores intervenientes analisados, podendo ser caracterizados como de influência impactante individual sobre a qualidade microbiológica da água de chuva.

Quanto aos valores intermediários encontrados nas amostras de água de chuva armazenadas nas cisternas da casa 04 (nunca realizou limpeza interna da cisterna), casa 07 (ausência de descarte das primeiras águas) e casa 08 (presença de criação de galinhas) eles apresentam coliformes termotolerantes concentrados em um curto intervalo abaixo de 40UFC/100mL, sendo excedido apenas uma vez pela casa 04. Esta concentração dos valores encontrados para coliformes termotolerantes pode indicar que estes fatores intervenientes isoladamente podem não provocar impactos significativos sobre a qualidade da água de chuva, podendo provocar impacto de forma significativa sobre a qualidade da água de chuva em associação a outros fatores.

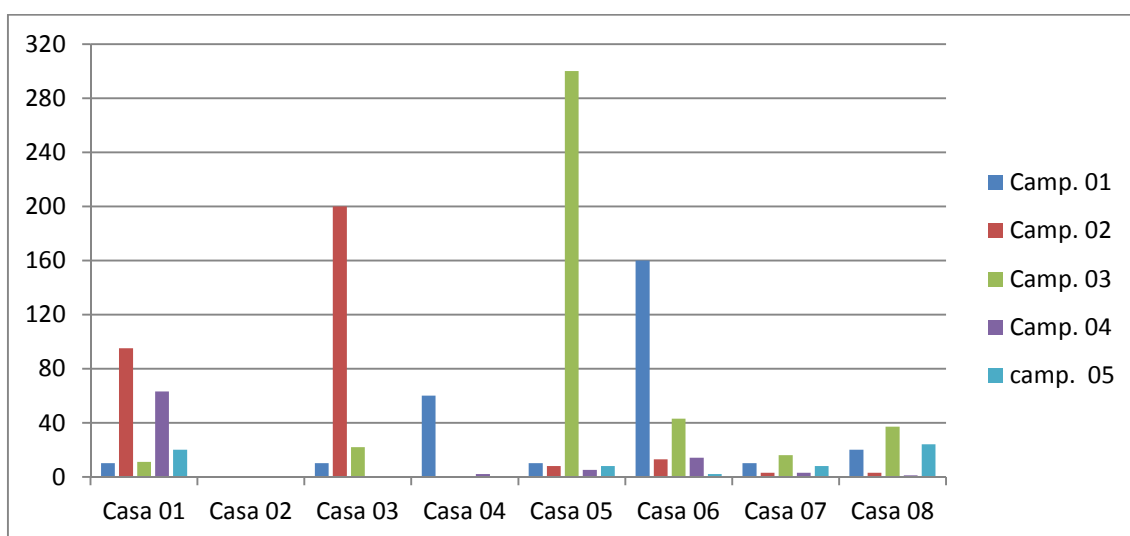


Figura16: Coliformes Termotolerantes de Água de Chuva Acumulada em Cisternas

O gráfico boxplot é considerado uma estatística descritiva de dados que permite inferir informações contidas nos dados, apresentando cinco fatores importantes de um conjunto de dados, sendo eles: mínimo, quartil inferior (Q1), mediana (Q2), quartil superior (Q3) e máximo, que permitem analisar a simetria dos dados coletados, sua dispersão a existência ou não de um valor atípico.

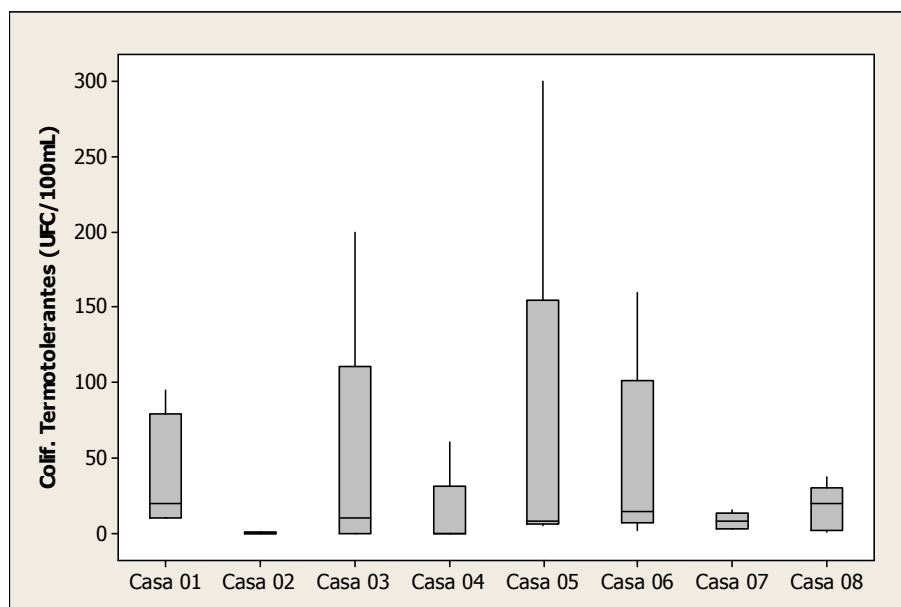


Figura 17: Boxplot com os resultados de Coliformes Termotolerantes das Campanhas Realizadas

A tela de proteção das calhas tem como função de retenção de sólidos grosseiros, como folhas e gravetos provenientes de árvores que estejam próximas a superfície de coleta e por ventura venham a contribuir com estes materiais ao telhado. Os efeitos da ausência desta variável podem ser remediados com a presença do desvio das primeiras águas que inicialmente tem função de desviar juntamente com à água sólidos menores que podem esta associados a água, como por exemplo, poeiras e fezes de alguns animais que por ventura estejam dissolvidos nos primeiros minutos de chuva, que podem também desviar estes sólidos grosseiros que não foram retidos anteriormente. Então, em se tratando de sólidos (independente do seu tamanho) o que interessa é a sua retirada, sendo mais representativo no descarte das primeiras águas, estando o fator tela de proteção das calhas incluso nesta variável maior, sendo avaliados como um único fator.

Procurando-se relacionar a criação de galinhas com a observação realizada no campo foi percebido que a criação é baseada, principalmente, no solo e distante da

cisterna, realizando-se a alimentação destes animais no solo, não sendo observado a presença de galinhas sobre a cisterna em nenhum momento da realização da observação e das campanhas. Ou seja, as galinhas não se aproximam a nenhum ponto de entrada ou saída do SAAC (calhas, tubulações, tela de proteção das calhas, entrada de manutenção e extravasor) não contribuindo desta forma para a contaminação das águas de chuva armazenadas em cisternas. Dessa forma, a contaminação com coliformes termotolerantes da cisterna localizada na casa 08 deve ser de outra procedência, devendo este fator ser descartado como interveniente na qualidade microbiológica da água de chuva.

Estas avaliações preliminares contribuíram para definir os quatro fatores finais analisados no planejamento experimental fatorial, sendo eles: a retirada de água do interior da cisterna com o balde com auxílio de corda, a limpeza da cisterna em tempo inadequado, árvores próximas a superfície de coleta e ausência de desvio das primeiras águas.

Para aplicação do planejamento experimental fatorial foi necessário realizar mais duas campanhas para a coleta de amostras de água de chuva das cisternas com a existência das interações entre os fatores selecionados, que resultou nos valores das análises laboratoriais das amostras coletadas de água de chuva armazenada em cisternas referentes a variável coliformes termotolerantes, apresentados na Tabela 17. Assim como na análise preliminar com maior número de fatores, a maioria dos resultados apresentam valores positivos de coliformes termotolerantes, com 81,3% das amostras analisadas, demonstrando a existência de contaminação fecal recente.

A contaminação fecal recente pode acontecer justamente por causa dos possíveis fatores intervenientes entrarem em contato com água de chuva armazenada em cisterna, tornando-se um veículo de transporte destes organismos indicadores, como por exemplo, o balde pode entrar em contato com as fezes de algum animal de sangue quente no momento em que é apoiado no chão externo, as árvores podem abrigar animais que podem contribuir com suas fezes a superfície de coleta, sendo carregadas pelas chuvas podendo ocorrer a entrada na cisterna após um determinado tempo da chuva iniciada, o desvio das primeiras águas pode não ser realizado, provocando a entrada de matéria orgânica, galhos e folhas e fezes de animais no interior da cisterna (contribuindo para a existência de coliformes

termotolerantes e bactérias heterotróficas) e a limpeza em tempo inadequado podem provocar a formação de biofilmes que podem contém microrganismos do grupo coliformes termotolerantes.

Tabela 17: Resultados das análises microbiológicas para coliformes termotolerantes

Fatores e suas interações	Unidade	Campanha 01	Campanha 02
Balde	UFC/100 ml	126	70
Limpeza	UFC/100 ml	16	8
Árvores	UFC/100 ml	46	8
Desvio	UFC/100 ml	330	200
Balde*limpeza	UFC/100 ml	<1	<1
Balde*árvores	UFC/100 ml	2	<10
Balde*desvio	UFC/100 ml	42	39
Limpeza*árvores	UFC/100 ml	82	6
Limpeza*desvio	UFC/100 ml	<1	100
Árvores*desvio	UFC/100 ml	<1	110
Balde*limpeza*árvores	UFC/100 ml	<1	52
Balde*limpeza*desvio	UFC/100 ml	9	370
Balde*árvores*desvio	UFC/100 ml	28	19
Limpeza*árvores*desvio	UFC/100 ml	30	1
Balde*limpeza*árvores*desvio	UFC/100 ml	78	2
(I) Identidade	UFC/100 ml	<1	8

Legenda:

(I) Identidade – Não apresenta nenhum dos fatores selecionados

Os resultados da variável resposta coliforme termotolerantes obtidos das análises laboratoriais foram avaliados pelo planejamento experimental fatorial, no intuito de determinar os efeitos dos fatores selecionados sobre a variável resposta, na perspectiva do modelo estatístico de teste de hipótese com aplicação da distribuição normal de forma a indicar que uma variável apresenta ou não efeito significativo sobre uma variável resposta com garantia de confiabilidade e validade dos resultados.

Sob este ponto de vista, os resultados do planejamento experimental fatorial estão descritos na Tabela 18, mostrando os fatores que apresentaram efeitos significativos (ações que resultam em influência, positiva ou negativa, sobre uma variável resposta de forma expressiva, utilizando-se como parâmetro de seleção de significância o nível de confiança de 10%) sobre os coliformes termotolerantes que foram: a interação das variáveis balde com auxílio de corda para a retirada de água do interior da cisterna, a limpeza da cisterna em tempo inadequado e ausência de desvio das primeiras águas; a variável ausência de desvio das primeiras águas;

seguida pelo fator árvores próximas ao telhado; tendo como penúltimo fator a interação dos fatores balde com auxílio de corda para retirada de água do interior da cisterna com limpeza da cisterna em tempo inadequado, com árvores próximas ao telhado e com ausência de desvio das primeiras águas; e a interação das variáveis árvores próximas ao telhado com ausência de desvio das primeiras águas.

Interações de fatores com efeito significativo sobre a variável resposta, não indica que cada fator individualmente apresente um efeito significativo sobre a variável resposta, pelo contrario, é justamente a interação que apresenta força suficiente para agir influentemente sobre a variável resposta, como é o caso das interações Balde*Limpeza*Desvio, Balde*Limpeza*Árvores*Desvio e Árvores*Desvio, que indicam que a retirada de água do interior da cisterna com balde e realização de limpeza em tempo inadequado sozinhos não são estatisticamente significantes, não apresentado desta forma, influência na alternância na concentração de coliformes termotolerantes.

Os fatores que não são estatisticamente significantes em relação aos coliformes termotolerantes (Balde*Limpeza, Balde*Árvores*Desvio, Balde*Limpeza*Árvores, Limpeza*Árvores, Limpeza, Balde*Desvio, Limpeza*Árvores*Desvio, Balde, Balde*Árvores, Limpeza*Desvio) podem apresentar baixa influência sobre a qualidade microbiológica, proporcionando baixos resultados de efeitos sobre a presença de coliformes termotolerantes. Um fator que se demonstrou ter pouca influência sobre os coliformes termotolerantes foi o balde, assim como a maior parte de suas interações, indicando que este fator não leva consigo contaminação fecal recente, não contribuído desta forma para a contaminação microbiológica da água de chuva.

A maioria das interações da variável utilização de balde com auxílio de corda para a retirada de água do interior da cisterna com outros fatores não é estatisticamente significativa, indicando que o balde pode apresentar uma forma de eliminação (ou minimização) dos coliformes termotolerantes, como por exemplo, o balde pode apresentar temperatura suficiente para deteriorar determinadas características dos coliformes, a formação de biofilme que degradem ou abriguem os coliformes, ou até mesmo estes coliformes termotolerantes podem estar se juntando a partículas que estão aderidas a superfície externa do balde, mascarando os valores do indicador.

Todas estas considerações sobre a utilização do balde, não excluindo a ideia de que este fator pode estar associado contribuindo com outros tipos de contaminação.

Quanto ao fator limpeza em tempo inadequado, o maior problema está relacionado justamente com o material sedimentável que se deposita ao fundo da cisterna, pois este material pode apresentar contaminação causando alteração da qualidade da água, podendo seu efeito ser alavancado com a presença de outros fatores que provoque o aparecimento destes materiais, como a utilização de balde e ausência de desvio das primeiras águas, pois o balde acaba provocando uma movimentação do material acumulado no fundo da cisterna, assim como a ausência de desvio das primeiras águas permite uma maior entrada de material sedimentável que tenderá a se acumular no fundo da cisterna.

Tabela 18: Análise de variância para a variável resposta coliformes termotolerantes

Termos	Effect	P-Valor
Constant		0,001
Balde	-6,19	0,823
Limpeza	-17,69	0,525
Árvores	-52,81	0,070
Desvio	57,81	0,049
Balde*limpeza	39,69	0,164
Balde*árvores	-5,44	0,844
Balde*desvio	-16,81	0,545
Limpeza*árvores	21,31	0,445
Limpeza*desvio	-4,56	0,869
Árvores*desvio	-49,94	0,085
Balde*limpeza*árvores	-24,81	0,375
Balde*limpeza*desvio	65,31	0,029
Balde*árvores*desvio	24,94	0,373
Limpeza*árvores*desvio	-10,56	0,703
Balde*limpeza*árvores*desvio	-52,19	0,073
R ² = 0,6245		

A distribuição normal é aplicada aos resultados para modelar experimentos aleatórios, de forma que apresentem uma média zero e uma variância de um. Gerando desta forma um valor Z, que representa o limite de uma cauda superior, proveniente de um nível de confiança, em que a expectativa é que as maiorias dos valores padronizados referentes a um determinado fator estejam justamente abaixo da cauda superior estabelecidas pela variável Z, sendo representados pela

probabilidade da seguinte forma: uma distribuição normal padronizada superior a uma distribuição normal do nível de significância que limita a cauda superior está em conformidade, apresentando seus valores em grande maioria no interior da curva normal (ou seja, a probabilidade de ocorrer $Z_p > Z$ seja maior apresenta a consequência de ser um fator com efeito significativo). Esta relação com o valor da variável da distribuição normal (Z) com os valores da variável da distribuição normal padronizada (Z_p) dos fatores fica mais visível no Gráfico 5 que demonstra que os fatores que apresentam um efeito significativo são justamente os que ultrapassam o valor de distribuição normal encontrado para o nível de confiança de 10% ($Z=1,75$).

Os seja, o gráfico de Pareto representa os fatores avaliados de forma padronizados para a distribuição normal (Z_p) sendo considerados significativos todos aqueles que apresentam um Z_p superior a distribuição normal ($Z = 1,75$) que consideram um $\alpha=10\%$, pois estes fatores padronizados que ultrapassam este valor de referência da distribuição normal apresentam 95% dos seus valores no interior da curvatura da normal influenciando a variável resposta.

Dessa forma, tornar-se mais visível as variáveis que proporcionam um efeito significativo sobre os coliformes termotolerantes, facilitando a visualização de ordenamento em relação a intensidade do efeito, tornando visível que o fator que fornece o maior efeito significativo sobre os coliformes termotolerantes é a interação de Balde*Limpeza*Desvio (a interação de balde com auxílio de corda para a retirada de água da cisterna, com limpeza da cisterna em tempo inadequado e com ausência de desvio das primeiras águas), sendo seguido pelo fator Desvio (ausência de desvio das primeiras águas), acompanhado por Árvores (presença de árvores próximas ao telhado), prosseguido pela interação dos quatro fatores Balde*Limpeza*Árvores*Desvio (a interação de balde com auxílio de corda para a retirada de água da cisterna, com limpeza da cisterna em tempo inadequado, com a presença de árvores próximas ao telhado e com ausência de desvio das primeiras águas) e, finalizando a lista de efeitos significativos, a interação Árvores*Desvio (Interação do fator presença de árvores próximas ao telhado com ausência de desvio das primeiras águas).

Os três últimos fatores e interações significantes encontram-se bem próximos um dos outros e mais distantes dos dois primeiros, expressando quase a mesma significância ficando classificados no mesmo grau de influência. Destaca-se que

cada fator separadamente ou em grandezas inferiores podem não apresentar o mesmo efeito significativo que a respectiva interação.

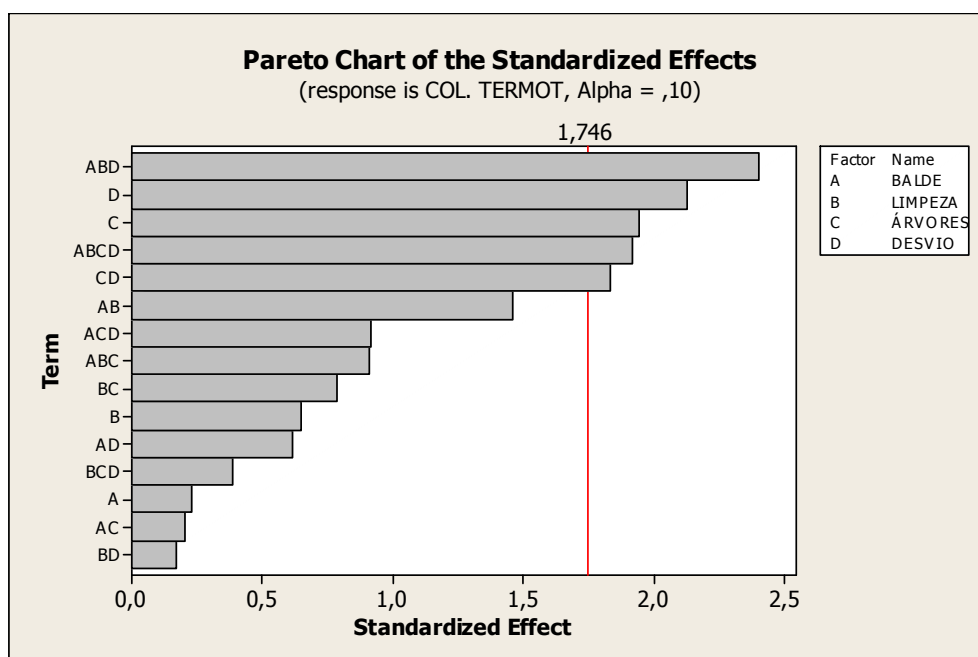


Gráfico 5: Gráfico de Pareto dos efeitos padronizados para variável resposta coliformes termotolerantes

Quando ajusta-se os dados para uma probabilidade normal os experimentos aleatórios tendem a apresentar uma média zero e um de variância, ou próximos destes apresentando um resultado de efeitos não significativos tendendo a seguirem a reta da probabilidade normal desta função, mas os fatores que apresentam efeitos significativos tendem a ter média e variância mais variáveis que zero e um, respectivamente, apresentando-se como fatores fora da tendência da reta da função da probabilidade normal. Como pode ser percebido no Gráfico 6, confirma-se os resultados dos fatores e interações já identificados com efeito significativo sobre os coliformes termotolerantes, facilitando a visualização de ordenamento dos fatores com relação ao efeito produzido, contendo uma reta de referência entre os significantes e os não significantes.

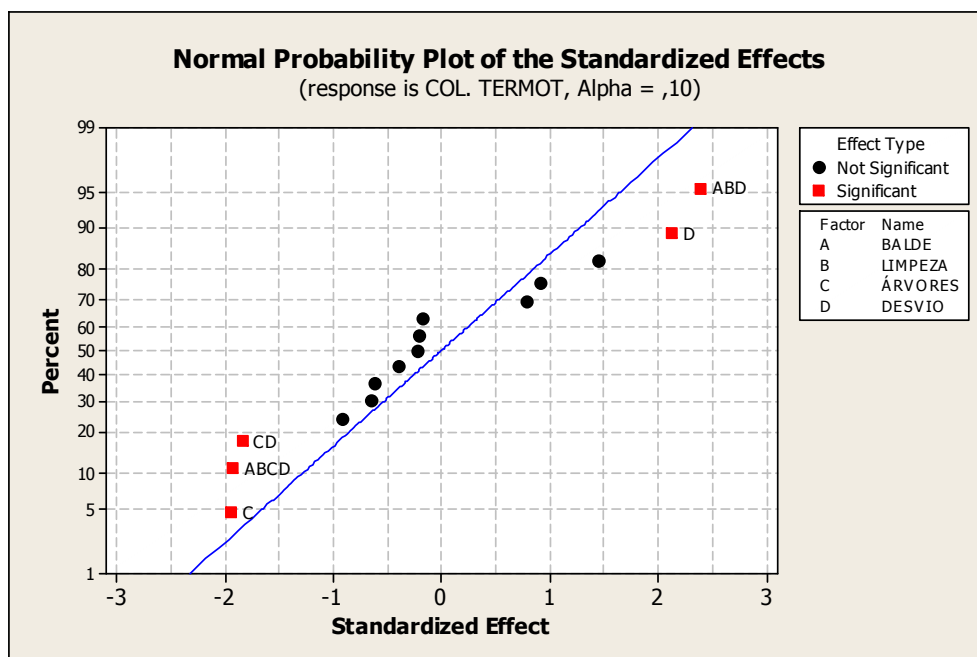


Gráfico 6: Gráfico de probabilidade Normal para os efeitos padronizados para variável resposta coliformes termotolerantes

O efeito significativo do fator ausência de desvio as primeiras águas sobre a qualidade microbiológica das águas de chuva armazenadas em cisternas (sob análise da variável resposta coliformes termotolerantes) envolve a ideia de que a realização do descarte das primeiras águas apresenta uma representatividade significativa sobre a melhoria da qualidade microbiológica da água de chuva armazenada em cisternas.

Apesar de não ter sido encontrado nenhum trabalho semelhante, que apresentasse os fatores intervenientes da qualidade microbiológica da água de chuva armazenada em cisternas utilizando-se o planejamento experimental fatorial como forma de identificação de efeitos significativos, encontrou-se trabalhos com avaliações da representatividade de alguns fatores.

Riberio *et al.* (2009) estudaram a caracterização da qualidade da água de chuva coletadas após a passagem por telhados, com consequente proposição de aproveitamento para usos não potáveis no Aeroporto Internacional de São Paulo, mostrando uma melhoria considerável do parâmetro coliformes termotolerantes após o desvio de 10 minutos e uma redução considerável com o desvio de um volume após 25 minutos de iniciada a chuva, passando de uma concentração de coliformes termotolerantes de 3.000NMP/100mL no início da chuva (T0) para uma concentração de 47NMP/100mL após 25 minutos de iniciada a chuva (T25).

Tordo (2004) em sua pesquisa observou que a água armazenada no descarte apresenta características microbiológica (*E. coli* e coliformes totais) que a tornam de pior qualidade do que a armazenada na caixa de detenção, apresentando para o indicador *E. coli* uma presença média de 3.474NMP/100mL, sendo reduzido para uma média de 237NMP/100mL na caixa de detenção (reservatório), provocando uma redução de 93% da concentração de *E. coli*, demonstrando apresentar uma melhora na qualidade bacteriológica representativa. O autor ao analisar pontos de coleta com árvores próximas a superfície de coleta encontrou um valor para *E. coli* com média de 364NMP/100mL, apresentando um valor maior do que no reservatório que apresenta detenção de um determinado volume de água. Isto deve acontecer por causa da presença da carga poluidora do telhado ser maior do que a da chuva direta, que apresenta uma concentração média na referida pesquisa de 26NMP/100mL para *E. coli*.

Jaques (2005) em seu estudo de avaliação da qualidade da água de chuva no município de Florianópolis encontrou todas as amostras coletadas com presença de coliformes termotolerantes, com valores no início da chuva ao passar pelo telhado de 705NMP/100mL, com 10 minutos de chuva este valor atingindo 716 NMP/100mL, indo sequencialmente para os valores de 262NMP/100mL e 102NMP/100mL após 30 e 60 minutos de chuva, respectivamente, indicando dessa forma, a contaminação de fezes de animais de sangue quente nestas amostras, e sendo observado a redução da concentração de coliformes termotolerantes com o passar do tempo.

Todos estes valores encontrados em outros trabalhos demonstram a necessidade do desvio dos primeiros minutos de chuva e a influência da presença de árvores próximas a superfície de coleta.

Assim, os resultados sugerem que a realização do afastamento de árvores da superfície de coleta (telhado) e de todas as interações que provoquem um efeito significativo da deterioração da qualidade, referente aos coliformes termotolerantes, da água de chuva (Balde*Limpeza*Desvio – a interação de balde com auxílio de corda para a retirada de água da cisterna, com limpeza da cisterna em tempo inadequado e com ausência de desvio das primeiras águas, Balde*Limpeza*Árvores*Desvio – a interação dos quatro fatores estudados e Árvores*Desvio – interação do fator árvore próxima ao telhado com o fator ausência de desvio das primeiras águas) irão também provocar a melhoria da qualidade microbiológica da água de

chuva armazenada em cisternas. Os fatores que não foram citados apresentam um efeito insignificante (ou não expressivos) perante a variável resposta analisada.

Quanto ao número de SAAC estudados que apresentam fatores que tem efeito significativo sobre os coliformes termotolerantes, estes são expressos da seguinte forma: a interação dos fatores Balde*Limpeza*Desvio existem em 7 (1%) dos SAAC com estas características; o fator ausência de desvio das primeiras águas é observado em 68 Sistemas (5,7%); o fator presença de árvores próximas ao telhado em 565 sistemas (84,2%); a presença de todos os fatores (Balde*Limpeza*Árvores*-Desvio) é observada em 8 SAAC (1,1%); e, por último, a interação Árvore*Desvio em 40 sistemas com esta característica (5,7%). Estes valores indicam que o efeito significativo relacionado ao fator presença de árvores próximas ao telhado torna-se mais representativo do que apresenta ser, por causa do número de SAAC que abrangem esta característica. Demonstra também que as ordens intermediárias (neste caso 2ª e 3ª) são as que apresentam o maior número de interações e com o menor número de registros de ocorrência de cisternas com estes fatores.

Ao analisar os resultados para as bactérias heterotróficas, apresentados na Tabela 19, percebe-se que este bioindicador está presente em todas as amostras analisadas, em variadas concentrações. Alguns resultados específicos (referentes às casas 01, 02 e 03) podem indicar que um resultado de falso negativo (situação em que o resultado inicial é negativo, sendo na realidade este valor falso, ou seja, o resultado baixo encontrado para coliformes termotolerantes pode ser consequência de um mascaramento provocado por outras bactérias presentes na amostra analisada) em relação aos coliformes termotolerantes, ou indicar existência de uma proliferação superior de bactérias heterotróficas (sugerindo a formação de camadas de biofilme no interior da cisterna) em relação a proliferação dos coliformes termotolerantes, sendo as bactérias heterotróficas mais facilmente encontradas no meio ambiente livre, do que os coliformes termotolerantes que são bioindicadores de contaminação fecal recente.

Rebello (2004) em sua pesquisa encontrou 100% de análises positivas para bactérias heterotróficas, com uma média de 259UFC/mL, encontrando desta forma, valores bem inferiores aos desta pesquisa.

Tabela 19: Resultados de Bactérias Heterotróficas

	Bactérias Heterotróficas (UFC/mL)															Media	Desvio Padrão
	Campanha 01			Campanha 02			Campanha 03			Campanha 04			Campanha 05				
Casa 01	14.788	8.125	11.456	15.755	18850	17.303	32.175	20.800	26.488	4.000	8.613	6.306	2.650	2.050	2.350	12.781	9.569
Casa 02	7.475	7.475	7.475	15.113	16.413	15.763	5.300	10.070	7.685	460	370	415	330	240	285	6.325	6.142
Casa 03	90	110	100	20.313	24.538	22.425	19.175	18.200	18.688	270	140	205	70	80	75	8.299	10.672
Casa 04	60	30	45	150	90	120	200	21.775	10.988	20	40	30	440	560	500	2.337	6.832
Controle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Casa 05	1.800	1.020	1.410	1.420	1.540	1.480	13.325	14.625	13.975	2.300	2.600	2.450	1.450	500	975	4.058	5.269
Casa 06	250	410	330	2.060	1.660	1.860	11.863	3.000	7.431	1.060	630	845	100	400	250	2.143	3.539
Casa 07	670	530	600	13.650	9.100	11.375	7.150	8.450	7.800	3.000	1.400	2.200	220	170	195	4.434	4.794
Casa 08	70	270	170	400	360	380	500	15.275	7.888	180	250	215	460	2.300	1.380	2.007	4.706
Controle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Legenda:

Casa 01: Balde com Auxílio de Corda

Casa 02: Ausência de Proteção das Calhas

Casa 03: Casa modelo.

Casa 04: Não Realiza Limpeza da Cisterna

Casa 05: Fossa absorvente próxima à cisterna

Casa 06: Árvore próxima ao telhado

Casa 07: Ausência de Desvio das primeiras Águas

Casa 08: Presença de galinhas

A Figura18 e o Gráfico 11 mostram que as residências 04, 05, 06, 07 e 08 apresentam a maioria dos valores em uma faixa máxima próxima a 2.000UFC/mL, estando os valores da terceira campanha acima desta faixa. Estas cisternas apresentam valores para bactérias heterotróficas com valor inferior (numericamente) do restante das cisternas analisada, indicando que estas cisternas apresentam uma qualidade bacteriológica melhor em relação as outras cisternas analisadas (casas 01, 02 e 03). Dessa forma, os valores de coliformes termotolerantes destas casas podem estar realmente representando os seus valores reais.

As medianas das bactérias heterotróficas apresentam-se relativamente baixas nas cisternas presentes nas casas 03, 04, 05, 06, 07 e 08, com as duas primeiras apresentando uma melhor distribuição dos dados de bactérias heterotróficas (simetria dos dados) melhor do que os resultados das outras cisternas, julgando que o acúmulo de matéria orgânica pode ser o principal condicionante para o acontecimento destes números, provocando a deterioração da qualidade da água de chuva coletada.

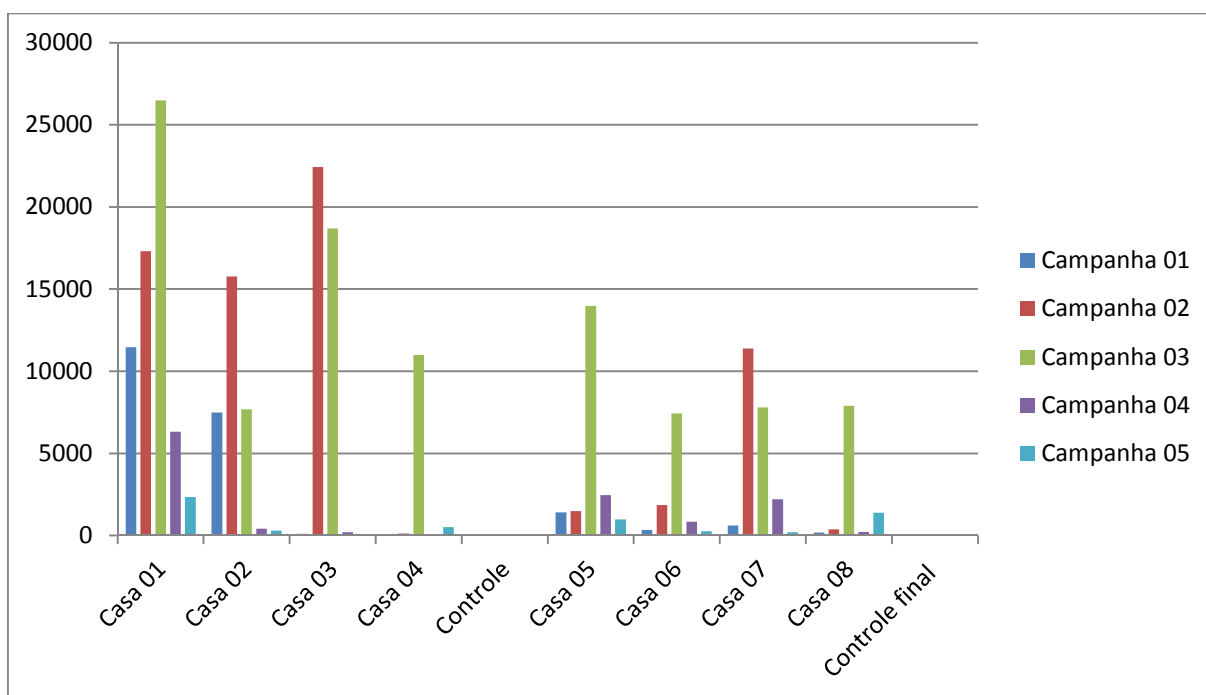


Figura18: Bactérias Heterotróficas de Água de Chuva Acumuladas em Cisternas

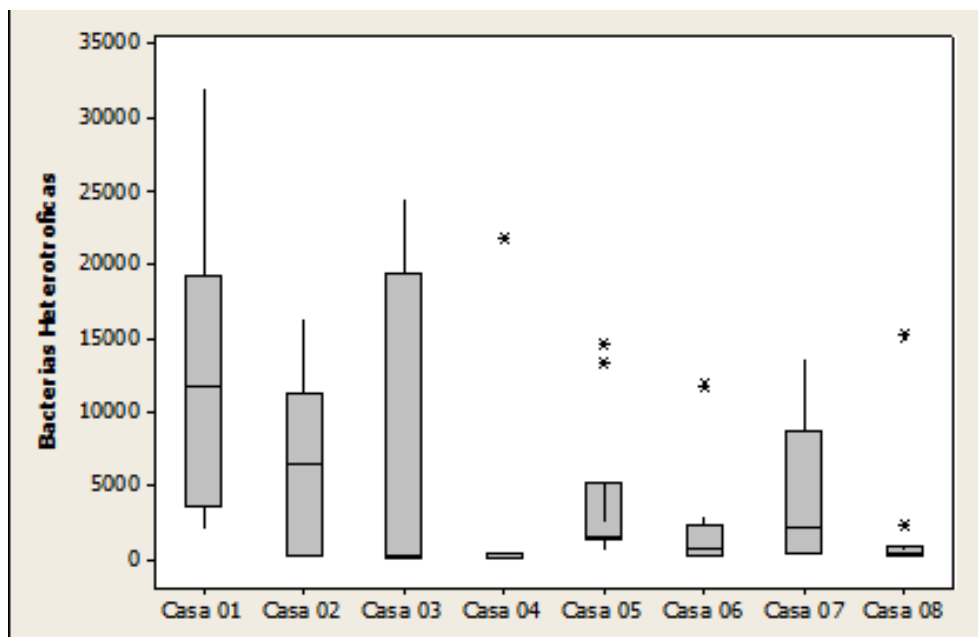


Figura19: Boxplot com os resultados de bactérias heterotróficas das campanhas realizadas

Após a análise dos dados encontrados nas campanhas iniciais chegou-se aos fatores semelhantes aos da variável resposta coliformes termotolerantes, sendo coletada amostras suficientes para análise em duas campanhas realizadas para a coleta de amostras de água de chuva das cisternas com a existência das interações entre os fatores selecionados nestas duas variáveis respostas.

Ao analisar os resultados laboratoriais relacionados às bactérias heterotróficas apresentados na Tabela 20, percebe-se que os valores encontrados deste bioindicador remetem ao fato deles estarem presentes em todas as amostras analisadas, em variadas concentrações. Em casos de resultados que apresentem um elevado número de Unidades Formadoras de Colônias por mililitro de amostra analisada (UFC/ml) pode indicar resultados falso negativos do bioindicador coliformes termotolerantes, como explicado anteriormente. Os fatores que apresentaram esta incidência de falso negativo sobre os coliformes termotolerantes foram os seguintes: a interação de utilização de balde com a presença de árvores próximas ao telhado, a interação de utilização de balde com a ausência de descarte das primeiras águas, a interação de utilização de balde com período de limpeza da cisterna inadequado e com a ausência de descarte das primeiras águas e a identidade (não apresenta nenhum dos fatores selecionados). Com a possibilidade de se tratar de eventos pontuais, por se tratar de uma característica acentuada em

apenas uma campanha (especificamente a segunda campanha que provoca uma elevação do valor de bactérias heterotróficas).

A elevação da ocorrência de bactérias heterotróficas em algumas cisternas analisadas que apresentam variáveis específicas pode ter acontecido (ou intensificado) por algum fator pontual que provocou a ocorrência desta elevação sem que esta pesquisa tenha identificado (ou considerado) este fator.

Tabela 20: Resultados das análises microbiológicas para bactérias heterotróficas

Fatores e suas interações	Unidade	Campanha 01	Campanha 02
Balde	UFC/ml	2.700	9.103
Limpeza	UFC/ml	2.337	4.794
Árvores	UFC/ml	2.143	5.269
Desvio	UFC/ml	1.050	10.969
Balde*limpeza	UFC/ml	710	1.295
Balde*árvores	UFC/ml	490	19.013
Balde*desvio	UFC/ml	14.379	11.715
Limpeza*árvores	UFC/ml	185	675
Limpeza*desvio	UFC/ml	455	9.934
Árvores*desvio	UFC/ml	165	1.820
Balde*limpeza*árvores	UFC/ml	595	2.585
Balde*limpeza*desvio	UFC/ml	310	39.406
Balde*árvores*desvio	UFC/ml	145	325
Limpeza*árvores*desvio	UFC/ml	535	2.750
Balde*limpeza*árvores*desvio	UFC/ml	390	400
(I) Identidade	UFC/ml	8.299	10.672

Legenda:

(I) Identidade – Não apresenta nenhum dos fatores selecionados

Assim, como encontrado na variável resposta coliformes termotolerantes, os resultados da variável resposta bactérias heterotróficas obtidos das análises laboratoriais foram avaliados pelo planejamento experimental fatorial, com o mesmo intuito de determinar os efeitos dos fatores selecionados sobre a variável resposta. Sob esta ótica, os resultados do planejamento experimental fatorial estão apresentados na Tabela 21, sendo encontrados fatores que apresentam efeitos significativos sobre as bactérias heterotróficas, como: árvores próximas ao telhado; e a interação dos fatores balde com auxílio de corda para retirada de água do interior da cisterna, com árvores próximas ao telhado e com ausência de desvio das primeiras águas. Estes resultados demonstram que o descarte das primeiras águas está sendo incipiente para a redução de partículas que contenham bactérias

heterotróficas provenientes de árvores próximas, considerando que a ausência de descarte ou um descarte ineficiente pode provocar efeitos negativos sobre a qualidade da água de chuva.

Os outros fatores e interações não apresentaram valores de efeitos estatisticamente significativos sobre a presença de bactérias heterotróficas em águas de chuvas acumuladas em cisternas.

Souza (2009) em seu trabalho não conseguiu comprovar a eficácia do dispositivo de descarte das primeiras águas em relação a qualidade da água de chuva (analisando-se o indicador bactérias heterotróficas), mas que houve contaminação das águas coletadas pelo telhado por bactérias heterotróficas após passar pela superfície de coleta e calhas, mas após o desvio das primeiras águas a grande maioria dos valores encontrados para a água armazenada na cisterna atenderam ao recomendado pela Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde. O mesmo fator apresenta, entretanto, êxito em melhorar a qualidade da água em relação a outro parâmetro (turbidez e coliformes totais).

Tabela 21: Análise de variância para a variável resposta bactérias heterotróficas

Termos	Effect	P-Valor
Constant		0,002
Balde	2032	0,504
Limpeza	-2494	0,414
Árvores	-6228	0,053
Desvio	930	0,759
Balde*Limpeza	971	0,748
Balde*Árvores	-732	0,809
Balde*Desvio	2892	0,345
Limpeza*Árvores	-163	0,957
Limpeza*Desvio	4195	0,178
Árvores*Desvio	-3983	0,199
Balde*Limpeza*Árvores	-2315	0,448
Balde*Limpeza*Desvio	813	0,788
Balde*Árvores*Desvio	-5195	0,100
Limpeza*Árvores*Desvio	-1133	0,708
Balde*Limpeza*Árvores*Desvio	286	0,925

O gráfico de Pareto representando os fatores avaliados de forma padronizados para a distribuição normal (Z_p) para as bactérias heterotróficas (Gráfico 7) apresenta as mesmas características que o gráfico de Pareto que representa os fatores avaliados

de forma Z_p para coliformes termotolerantes, além de confirmar os fatores que foram identificados com efeito expressivo sobre a variável resposta, o fator de árvores próximas ao telhado e a interação Balde*Árvores*Desvio (interação dos fatores Utilização de balde para retirada de água da cisterna, com a presença de árvores próximas ao telhado e com ausência de desvio das primeiras águas). Proporciona a visualização de uma característica interessante que é a presença de um determinado fator expressivo sobre o limite estabelecido pela distribuição normal, que é a interação Balde*Árvores*Desvio (interação dos fatores Utilização de balde para retirada de água da cisterna, com a presença de árvores próximas ao telhado e com ausência de desvio das primeiras águas), que deve ser considerado como um fator expressivo porque a distribuição normal considera como significando como todo e qualquer fator que apresente a distribuição normal padronizada (Z_p) igual ou superior a Z estabelecida pelo nível de confiança.

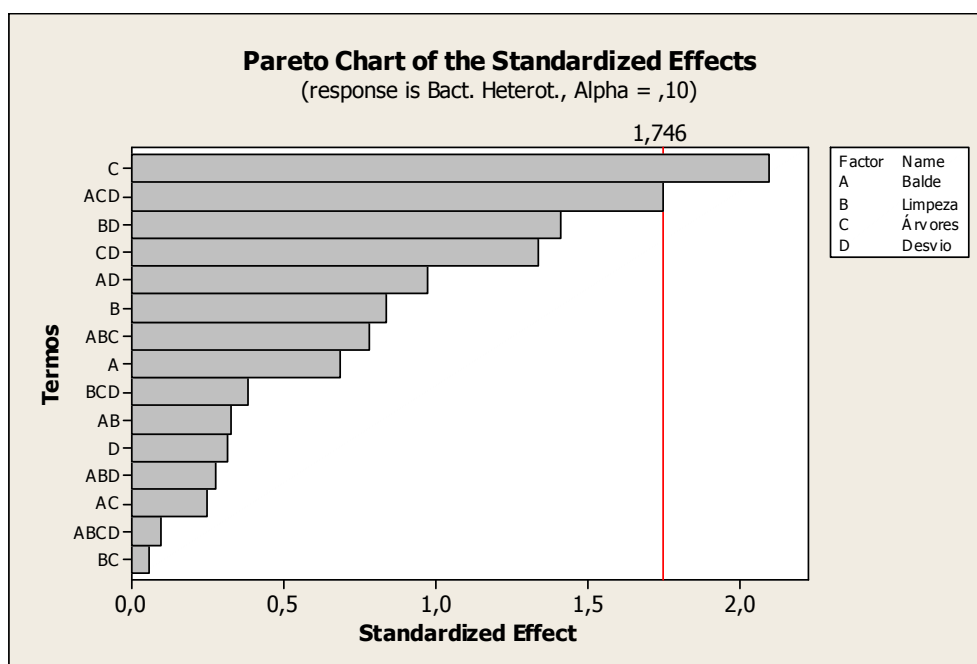


Gráfico 7: Gráfico de Pareto dos efeitos padronizados para a variável resposta bactérias heterotróficas

Ao se ajustar os dados de bactérias heterotróficas para a probabilidade normal fica mais perceptível os fatores que apresentam efeito expressivo sobre a variável resposta, sendo apresentados como valores que se mostram mais claramente fora da tendência central da reta da função, não sendo possível verificar a importância de cada fator (Gráfico 8).

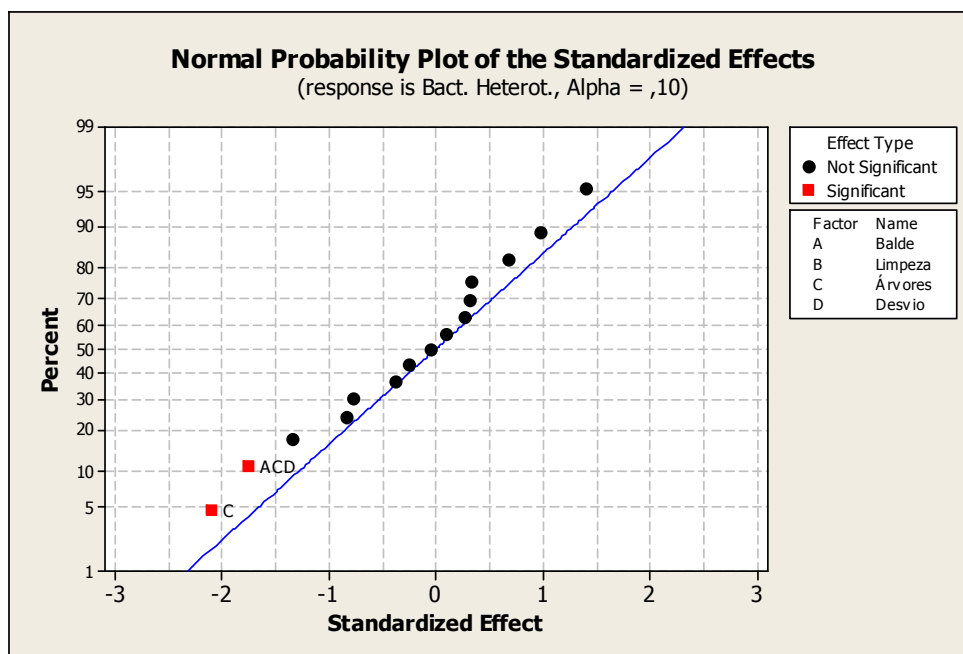


Gráfico 8: Gráfico de probabilidade normal para os efeitos padronizados para a variável resposta bactérias heterotróficas

Os resultados encontrados para a variável resposta bactérias heterotróficas sugerem que para sua melhoria é necessário o afastamento das cisternas próximas ao telhado e nas residências que apresentam a interação Balde*Árvores*Desvio (a interação da utilização de balde para retirada de água da cisterna, com a presença de árvores próximas ao telhado e ausência de desvio das primeiras águas) que se tenha a ausência desta interação, pois estas modificações podem interferir nos resultados da variável resposta de forma a provocar a melhoria da qualidade (expressa pela diminuição da quantidade de UFC/ml) referente a este bioindicador.

Quanto ao número de SAAC estudados que apresentam fatores que tem efeito significativo sobre as bactérias heterotróficas estes são expressos da seguinte forma: o fator presença de árvores próximas ao telhado existem em 565 sistemas com esta característica (84,2%); e a interação dos fatores Balde*Árvores*Desvio (a interação das variáveis utilização de balde para retirada de água da cisterna, com a presença de árvores próximas ao telhado e ausência de desvio das primeiras águas) são observadas em SAAC (1,7%). Estes valores indicam que o efeito significativo relacionado ao fator presença de árvores próxima ao telhado torna-se mais representativo do que apresenta ser, por causa do número de SAAC que abrangem esta característica, sendo o atributo então que se apresenta com o maior o efeito significativo sobre as bactérias heterotróficas.

5.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS POTENCIAIS USOS DA ÁGUA DE CHUVA DE ACORDO COM AS NORMAS VIGENTES

Ao analisar os dados relativos à coliformes termotolerantes, a Tabela 17, mostra que 78,1% das amostras analisadas apresentam valores positivos para coliformes termotolerantes em seus resultados, indicando a existência recente de contaminação fecal de animais de sangue quente. Os resultados positivos desobedecem o padrão estabelecido pela Portaria nº 2914/2011, do Ministério da Saúde, que para consumo humano deve existir a ausência de *E. Coli*. Então, para as águas de chuvas (armazenada em cisternas) analisadas estarem disponível para consumo humano, é necessário que passem por um tratamento antes do seu consumo, tratamentos que removam possíveis matérias orgânicas e eliminem microorganismos que possam existir na água de chuva armazenada em cisternas, como por exemplo, a filtração seguida de cloração ou em substituição destes a fervura, com o objetivo de alcançar o padrão de potabilidade estabelecido pela referida Portaria.

Ao se analisar os valores encontrados para bactérias heterotróficas, a Tabela 20, percebe-se que 71,9% dos resultados ultrapassaram o valor recomendado pela Portaria nº 2914/2011, do Ministério da Saúde (sendo o valor recomendado de 500UFC/ml). Em alguns casos em que ocorre uma elevada formação de colônias por mililitro pode indicar a formação de biofilmes nas paredes do local que armazena água analisada. Ou seja, pode ocorrer a formação de biofilme no interior da cisterna que apresenta um elevado valor de colônia no resultado de bactérias heterotrófica. O mais indicado neste caso é a realização de limpeza da cisterna, descartando-se a água de sua limpeza, o afastamento das árvores que estão próximas ao telhado, evitar a retirada de água do interior da cisterna para ser utilizada, quando esta cisterna apresentar baixos volumes armazenados, pois a indícios que existe a decantação de colônias de biofilmes (com a possibilidade de ter coliformes termotolerantes associados a este biofilme) juntamente com as partículas que se sedimentam e por último, não realizar a retirada de água por balde.

Ao se comparar os dados com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 274/2000 para avaliação da evolução da qualidade das águas, o parâmetro coliformes termotolerantes, em sua grande maioria (93,8%) as amostras coletadas apresentam-se dentro do padrão de qualidade excelente de água, ou seja, quase

95% das amostras analisadas apresentam coliformes termotolerantes igual ou inferior a 250UFC/100ml. Este resultado indica que águas analisadas podem ser utilizadas em atividades de recreação de contato primário (quando existe o contato direto do usuário com a água), sendo consideradas como uma água de excelente qualidade, podendo ser utilizada inclusive para o uso de banho. Mesmo que a água de chuva reservada nas cisternas não sejam direcionadas para serem utilizadas em banho, em casos de ausência de água para a realização desta atividade (banho), os moradores da área rural de Inhambupe utilizam a água de chuva para tomar banho, alegando que eles não irão ficar sem tomar banho por causa da ausência de outra fonte de água.

As águas de chuva armazenadas em cisternas estudada por Rebello (2004) também apresentam qualidade microbiológica com qualidade consideradas estando enquadradas entre as categoria excelente e muito bom, com referência a Resolução CONAMA nº 274/2000.

Destaca-se que as amostras que ultrapassam o valor indicado para esta atividade estão classificados como uma qualidade muito boa, pois não ultrapassa o valor indicativo de 500UFC/100ml de amostra, podendo ser utilizada para a mesma finalidade que o restante das amostras analisada. Em ambas normativas as águas de chuva armazenadas em cisternas de Inhambupe que foram analisadas podem também ser utilizada para usos menos nobres, consideradas aqui como atividades que não requerem contato direto com o homem, mesmo que as águas armazenadas em cisternas não sejam direcionadas para esta finalidade.

Comparando-se os resultados microbiológicos obtidos com aqueles estabelecidos no Manual de Conservação e Reuso de Água em Edificações, e pela NBR 15.527:2007, da ABNT pode-se constatar que apenas 18,8% das amostras analisadas encontram-se atendendo aos padrões estabelecidos pelo Manual (coliformes termotolerantes não detectáveis) e pela Norma (ausência de coliformes totais em 100ml de amostra) para a utilização em usos menos nobres, que não requerem contato direto com o homem, sendo representados com o valor de ausência de coliformes termotolerantes em 100ml de amostra para a finalidades descrita. Se comparado com a Resolução CONAMA nº 274/2000, este Manual e esta Norma estão sendo mais restritivos em suas considerações, pois eles estabelecem o padrão de qualidade de água em usos menos nobre, sendo sugerido

para os dois, Manual e Norma, estudos visando a sua revisão e que os valores possam ser mais flexíveis para usos menos nobres, que não requer contato direto com o homem.

6 CONCLUSÃO

Considerando os resultados encontrados pelas observações realizadas, pode-se perceber que a existência de fatores intervenientes e a ausência de barreiras sanitárias estão muito ligadas a questão cultural e financeira. Culturalmente quem permanece maior tempo no interior da residência é a mulher, sendo esta a principal responsável pelo manejo do SAAC, não sendo a única a realizar cuidados com o SAAC, contando com o auxílio por exemplo, para a realização da limpeza do interior da cisterna. Um fator cultural observado foi a criação de peixes no interior da cisterna (em 5,5% das cisternas observadas), que a família acredita que estes peixes irão se alimentar dos microrganismos e matéria orgânica que possam adentrar na cisterna, tanto que apenas 3 famílias alimentam os peixes.

Estes microrganismos e a matéria orgânica podem adentrar nas cisternas caso o desvio das primeiras águas não aconteça, não exista a presença de calha de proteção das cisternas, a forma de retirada de água do interior da cisterna inadequada, a existência de árvores próximas a superfície de coleta e a criação de animais, como porcos, galinhas e a presença de curral, sendo representados por 6,5%, 9,6%, 46,7%, 6,5%, 12,7%, 70% e 29,7%, respectivamente. Ocorrendo a entrada destas impurezas, estas podem permanecer no interior da cisterna caso a família não realize sua limpeza periódica e dos seus componentes, como ocorre em 35,9% das cisternas observadas.

Deve ser realizada a limpeza periódica também das superfícies de coleta, pois estes podem receber contribuições de impurezas de folhas e galhos de árvores, animais que possam alcançar a área de coleta de água de chuva, mas o que ocorre no Município de Inhambupe é que nenhuma família realiza limpeza do telhado, entendendo os moradores que os primeiros minutos de chuva realizam esta limpeza sem que seja necessário eles subirem no telhado para realizar a limpeza. Outro fator que apresenta unanimidade é que todas as superfícies de coleta são formadas por material cerâmicos e que todas as cisternas do SAAC de Inhambupe são compostas por fibrocimento (placas envolvidas por arame), sendo 97,5% das cisternas construídas pela ASA.

Outro fator que pode provocar a introdução de contaminantes nas águas de chuvas armazenadas no interior da cisterna é a introdução de outros tipos de água,

provenientes de carro pipa, poços e de reservatórios disponibilizados pela CERB, como ocorre com 6,1% das cisternas em funcionamento.

Foram identificadas as residências com a presença de fossa absorvente para o estudo da possibilidade de contaminação do SAAC por esta solução. Cerca de 72,1% das residências apresentaram a presença de fossa absorvente, sendo que cerca de 3,7% de todas as observações realizadas apresentaram a fossa absorvente em uma distância inferior ao indicado pela entidade gerenciadora da construção das cisternas (a ASA).

Para a utilização da água de chuva coletada antes de seu consumo o mais indicado é a realização de um tratamento, principalmente, se a utilização for para consumo humano, que pela Portaria que está em vigor exige um padrão de potabilidade para este uso. 83% das famílias observadas afirmam realizar algum tipo de tratamento antes do uso da água de chuva armazenada na cisterna, sendo os principais tratamentos (clorar, ferver, SODIS, filtrar e coar) realizados de forma isolada ou em associação.

Os principais usos da água de chuva armazenada em cisterna são bebida, preparação de alimentos, banho, utilização em lavanderia e pia da cozinha, sendo representados por 79,2%, 73%, 33,9%, 26,7% e 20,9%, respectivamente.

Os resultados do planejamento experimental sugerem que para a variável resposta coliformes termotolerantes, levando em consideração a presença dos fatores analisados e um nível de confiança de 10%, os fatores que apresentaram efeitos significativos foram: Balde*Limpeza*Desvio (a interação dos fatores utilização de balde com auxílio de corda para a retirada de água do interior da cisterna, realização de limpeza da cisterna em tempo inadequado e ausência do desvio das primeiras águas), Desvio (fator ausência de desvio das primeiras águas), Árvores (Fator árvores próximas ao telhado), a interação dos quatro fatores estudados - Balde*Limpeza*Árvores*Desvio (a interação dos fatores utilização de balde com auxílio de corda para a retirada de água do interior da cisterna, realização de limpeza da cisterna em tempo inadequado, árvores próximas ao telhado e ausência de desvio das primeiras águas) e Árvores*Desvio (interação dos fatores árvores próximas ao telhado e ausência de desvio das primeiras águas). Para a variável resposta bactérias heterotróficas, sendo considerado o mesmo nível de confiança, foram encontrados os seguintes fatores que proporcionaram influência significativas:

Árvores (fator árvores próximas ao telhado) e Balde*Árvores*Desvio (a interação dos fatores utilização de balde com auxílio de corda para a retirada de água do interior da cisterna, árvores próximas ao telhado e ausência desvio das primeiras águas).

O fator presença de arvores próxima ao telhado é o fator que apresenta a maior ocorrência nas observações realizadas, estando em 84,2% dos SAAC observados no município de Inhambupe, tornando este fator mais representativo em relação aos outro por causa do numero de ocorrências e assim os possíveis impactos que ele pode provocar na qualidade microbiológica da água de chuva armazenada em cisternas.

Para os resultados encontrados, em ambas as variáveis respostas consideradas, para que haja a melhoria da qualidade da água de chuva armazenada em cisternas sugere-se que os fatores significantes estejam ausentes no SAAC. Com relação a todos os outros fatores e interações que não foram citados, estes apresentam efeitos insignificante (ou inexpressivos), não apresentando influência sobre os resultados das variáveis respostas.

A maioria das amostras de água das cisternas analisadas (78,1%) apresentaram coliformes termotolerantes, indicando que houve contaminação de origem fecal recente (provavelmente proveniente de fezes de animais de sangue quente que tenha contribuído com a contaminação das águas armazenadas em cisternas, conseqüentemente, a realização do manejo do sistema de aproveitamento de água de chuva não está sendo realizado de forma suficiente para eliminar a contaminação). De acordo com a legislação específica, a Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde, adverte que para consumo humano estas águas que apresentam coliformes termotolerantes devem ser tratadas, e nos casos em que apresentam bactérias heterotróficas acima do recomendado, de 500UFC/ml, que em casos de alterações bruscas ou acima do usual na contagem de bactérias heterotróficas devem ser investigadas para identificação de irregularidade e adoção de providências para o restabelecimento da integridade do sistema de distribuição. Foi percebido que em 71,9% dos resultados das análises das amostras de água de chuva realizadas ultrapassaram o valor recomentado pela referida Portaria do Ministério da Saúde.

Considerando-se o padrão de balneabilidade, estabelecido pela Resolução CONAMA nº 274/2000, cerca de 93% das amostras de água das cisternas,

encontram-se com um padrão de qualidade excelente (≤ 250 UFC/100ml), sendo que as amostras que ultrapassam o valor indicado para esta qualidade, classificados como uma qualidade muito boa, por não ultrapassar o valor de 500UFC/100ml, indicando em ambos os casos que a água pode ser utilizada para atividade de contato direto, incluindo banho, podendo também ser utilizada para usos menos nobres, considerados como atividades que não requerem contato direto com o homem, como por exemplo, a utilização em vasos sanitários e regas de jardins.

A presença de bactérias heterotróficas se faz presente em todas as análises de amostras de água de todas as cisternas, ou seja, não existe uma única casa com ausência de bactérias heterotróficas na água de chuva armazenada em cisterna. Este resultado indica que as bactérias que vivem livres no meio ambiente também se fazem presente no interior da cisterna, com isto, adverte-se que existe a possibilidade de formação de biofilme no interior da cisterna, podendo mascarar o resultado dos coliformes termotolerantes, levando a influenciar um resultado falso-negativo.

REFERÊNCIAS

ÁLVARES, Maria Lúcia Politano. **Qualidade Bacteriológica da Água Distribuída e Consumida Antes e Após o programa Bahia Azul: Fatores Determinantes na Cidade do Salvador.** 2005. 168f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2005.

AMORIM, Mirian Cleide Cavalcante de; PORTO, Everaldo Rocha. Avaliação da Qualidade Bacteriológica das Águas de Cisternas: Estudo de Caso no Município de Petrolina-PE. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS DE CHUVA NO SEMIÁRIDO, 3, 2001, Petrolina, Brasil, **Anais...Petrolina: ABCMAC, 2001, 1 CD-ROM;**

ANA. **Agência Nacional de Aguas.** Disponível em < <http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: 01 nov. 2012.

ANDRADE NETO, Cicero Onofre de. Segurança Sanitária das Águas de Cisternas Rurais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA. 4, 2003, Petrolina, Brasil. **Anais...Petrolina: ABCMAC. 2003, 1 CD-ROM;**

ANDRADE NETO, Cicero Onofre de. Proteção Sanitária das Cisternas Rurais. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, XI, 2004, Natal, Brasil. **Anais...Rio de Janeiro: ABES/APESB/APRH. 2004, 1 CD-ROM;**

ANDRADE NETO, Cicero Onofre de. Influencia do Início da Precipitação na Qualidade da Água de Chuva. In: ENCONTRO NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO / SIMPÓSIO LUSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 14, 2010. Porto, Portugal. **Anais... Rio de Janeiro: ABES/APESB/APRH. 2010, 1 CD-ROM;**

ANNECCHINI, Karla Ponzi Vaccari; REBOUÇAS, Thais Cardiali; BOLSONI, Priscila; GONÇALVES, Ricardo Franci. ESTUDO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA NA CIDADE DE VITORIA COM VISTAS AOS APROVEITAMENTO NÃO POTÁVEL EM EDIFICAÇÕES. In: VIII Simposio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2006, Fortaleza, Brasil. **Anais... Rio de Janeiro. 2006, 1 CDROM.**

ASA. **Articulação do Semiárido.** Disponível em: www.asabrasil.gov.br. Acesso em: 05 dez. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR: 15.527: Água de chuva: Aproveitamento de cobertura em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos.** Rio de Janeiro, 2007. 8p.

BRASIL. CONAMA. **Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000.** Dispõe sobre a balneabilidade dos corpos de água. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2000.

_____. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011.** Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Brasília: Ministério da Saúde, 2011.

_____. CASA CIVIL. **Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010.** Regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências. Brasília: Casa Civil, 2010

_____. MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Portaria nº 89, de 16 de março de 2005.** Tornar público a lista dos municípios passam a integrar a Região Semiárida do Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste – FNE. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2012

_____. SECRETARIA DA DEFESA CIVIL. **Portaria nº 211, de 15 de julho de 2012.** Reconhecer, em decorrência de estiagem, CODAR: NE.SES - 12.401, a situação de emergência nos Municípios supracitados. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2012

BOULOMYTIS, Vassiliki Terezinha Galvão. Estudo da qualidade da água de chuva captada em telhado residencial na área urbana para fins de irrigação de alface. In: Simpósio Brasileiro de Captação E Manejo De Águas De Chuva. 6, 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Petrolina, 2007, 1CDROM.

BRESOLINE, Roberval. **Aproveitamento de Água de Chuva, sem tratamento, em uma residência.** 2010. 182f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

CARDOSO, Manuelle Prado. **Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva em Zonas Urbanas:** Estudo de Caso no Município de Belo Horizonte – MG. 2009. 171f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

CAIRNCROSS, S.; FEACHEM, R. G. **Environmental health engineering in the tropics an introductory text**. 2 ed. Chichester/New York/Brisbane/Toronto/Singapore: John Wiley & Sons, 1990. 283 p.

CIRILO, José Almir; MONTENEGRO, Suzana M.G.L.; CAMPOS, José Nelson B. . A Questão da Água No Semiárido Brasileiro. In: Bicudo, C.E. de M; Tundisi, J.G.; Scheuenstuhl, M.C.B.. (Org.). **ÁGUAS DO BRASIL ANÁLISES ESTRATÉGICAS**. 1ed. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010, v. 1, p. 81-91.

COHIM, Eduardo; ALMEIDA, Ana Paula Arruda de; KIPERSTOK, Asher. Captação direta de água de chuva no meio urbano para usos não potáveis. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24., 2007, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2007, 1CDROM;

COHIM, Eduardo; KIPERSTOK, Asher; PHILIPPI, Luis Sergio; ALVES, Wolney Castilho; GONÇALVES, Ricardo Franci. Perspectivas futuras: água, energia e nutrientes. In:_____. **Uso racional de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água**. (edição). Vitória: PROSAB, 2009, Cap. 6, p. 295-349.

CONCEIÇÃO, Fabiano Tomazini da; SARDINHA, Diego de Souza Sardinha; NAVARRO, Guillermo Rafael Beltran, ANTUNES, Maria Lucia Pereira; ANGELUCCI, Vivian Andréa. Composição química das águas pluviais e deposição atmosférica anual da bacia do alto do Sorocaba (SP). **Química nova**. Brasil, v. 34, p. 610-616, out. 2010.

CPRM (Serviço de Geologia do Brasil). **Projeto de Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea**: Diagnóstico do Município de Inhambupe – Bahia. Salvador: CPRM/PRODEEM, 2005. 26f.

DIAS, Isabelly Cícera Souza. **Estudo da Viabilidade Técnica, Econômica e Social do Aproveitamento de Água de Chuva em Residências na Cidade de João Pessoa**. 2007. 132f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2007.

EATON, Andrew D; FRANSON, Mary Ann H. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION. EVANS, C. A.; COOMBES, P. J.; DUNSTAN, R. H. Wind, rain and bacteria: The effect of weather on the microbial

composition of roof-harvested rainwater. **Water research**. Australia, v. 40. p. 37 – 44. Dezembro de 2005.

FENG, Lee Yun. **Projeto Educação do Campo: Estratégias e Alternativas no Campo Pedagógico**. 2007. 96f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente) – Centro Universitário Araraquara, Araraquara, 2007.

FERNANDES, Maniza Sofia Monteiro; ANDRADE, Lazaro Ramon dos Santos; OLIVEIRA, Silvania Nobrega; FERREIRA, Weruska Brasileiro; FRANCA, Kepler Borges. Avaliação bacteriológica das águas de poço e cisterna nas comunidades rurais no município de São João do Cariri. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 26, 2011, Porto Alegre. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 2011. 1 Pen Drive.

FEWTRELL, Lorna; KAY, David. **Health Impact Assessment: for Sustainable water management**. London, UK: IWA Publishing, 2008. Cap. 3, p. 45-68.

FONSECA, Jacqueline Evangelista; SILVA, Carolina Ventura; PENA, João Luiz; HELLER, Léo. A presença de cisternas de captação de água de chuva em cisternas tem favorecido o consumo de uma água com melhor qualidade bacteriológica pelas famílias de zonas rurais? In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 26, 2011, Porto Alegre. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 2011. 1 Pen Drive.

GNADLINGER, João. **Apresentação Técnica de Diferentes Tipos de Cisternas, Construídas em Comunidades Rurais do Semiárido Brasileiro**. In: IX Conferência Internacional sobre Sistemas de Captação de Água de Chuva, 1999. Disponível em: <http://www.cpatsa.embrapa.br/catalogo/doc/technology/4_7_J_Gnadlinger_p.doc>. Acesso em: 17 jan. 2011.

GNADLINGER, João. A Contribuição da Captação de Água de Chuva para o Desenvolvimento Sustentável do Semiárido Brasileiro – Uma Abordagem Focalizando o Povo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 3º, 2001. Petrolina. **Anais...**Petrolina: ABCMAC, 2001. 1 CD-ROM.

GNADLINGER, João. **Colheita de água de chuva em áreas rurais**. In: FÓRUM MUNDIAL DA ÁGUA 2, 2000, Haia. [Palestra]. Disponível em: <<http://www.irpaa.org.br/colheita/>> Acesso em: 26 out. 2012.

GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento de Água de chuva**. Editora Organic. 2002.

HAGEMANN, Sabrina Elicker. **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, Santa Maria, 2009.

HEIJNEN, Han. Rain Water Harvesting: Water Quality, Health and Hygiene Aspects. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 8º, 2012. Campina Grande. **Anais...**Petrolina: ABCMAC. 2012, 1 CDROM

IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br>>, Acesso em: 10 dez. 2011.

INSA (Instituto Nacional do Semiárido). **Sinopse do Censo Demográfico para o Semiárido Brasileiro**. 1 ed. Campina Grande, 2012. v.1. p. 39.

INSA (Instituto Nacional do Semiárido). Recursos Hídricos em Regiões Áridas e Semiáridas. 1 ed. Campina Grande, 2011. v.1. p. 470.

JAQUES, Reginaldo Campolino. **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.

LEE, Ju Young; YANG, Jung-Seok; HAN, Mooyoung; CHOI, Jaeyoung. Comparison of the microbiological and chemical characterization of harvested rainwater and reservoir water as alternative water resources. **Science of the Total Environment**. Correia do Sul. v. 408. p. 896–905, dez. 2009.

MARINOSKI, Ana Kelly. **Aproveitamento de Água Pluvial para Fins não Potáveis em Instituição de Ensino: Estudo de Caso em Florianópolis – SC**. 2007. 107f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

MAY, Simone. **Estudo de Viabilidade do Aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. 189p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MELLO, Dalva A. *et al.* Helminthoses intestinais: I - Conhecimentos, atitudes e percepção da população. Rev. **Saúde Pública** [online]. v.22, n.2, p. 140-149, 1988.

MENDEZ, Carolina B.; KLENZENDORF, Brandon; AFSHAR, Brigit R.; SIMMONS, Mark T.; BARRETT, Michael E.; KINNEY, Kenney A.; KIRISITS, Mary Jo. The effect of roofing material on the quality of harvested Rainwater. **Water research**. EUA, v. 45, p. 2049-2059, dez. 2010.

OLIVEIRA, Frederico Moyle Baeta de. **Aproveitamento de Água de Chuva para Fins não Potáveis no Campus da Universidade Federal de Ouro Preto Ouro Preto, Minas Gerais**. 2008. 114f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental)– Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2008.

ONU (Nações Unidas do Brasil). Disponível em: < <http://www.onu.org.br/>>. Acesso em: 01 nov. 2012.

PHILIPPI JR, Arlindo, MARTINS, Getúlio. Águas de Abastecimento. In: _____ Arlindo Philippi Jr (Editor, USP). **Saneamento, Saúde e Ambiente**: Fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri: MANOLE, 2005, Cap.: 5. p. 117-180.

PHILIPPI, Luís Sérgio; VACCARI, Karla Ponzo; PETERS, Madelon Rebelo; GONÇALVES, Ricardo Franci. Aproveitamento da Água de Chuva. In:_____. Ricardo Franci Gonçalves (Coordenador; UFES, UFSC, UNICAMP, IPT;). **Uso racional da água em edificações**. Vitória: PROSAB, 2006. Cap. 3. p. 73-152;

PIMENTEL, Cristine Helena Limeira; ATHAYDE JUNIOR, Gilson Barbosa; FREITAS FILHO, Janduir Silva. Qualidade da Água de Chuva no Brasil: Estado da Arte. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, XIII, 2008, Belem, Brasil. **Anais...**, Rio de Janeiro, 2008. 1 CD-ROM.

PINTO, Nayara de Oliveira; HERMES, Luiz Carlos. **Sistema Simplificado para Melhoria da Qualidade da Água Consumida nas Comunidades Rurais do Semiárido do Brasil**. Jaguariúna, São Paulo, 2006. 50p.

RADAIDEH, Jamal; AL-ZBOON, Kamel; AL-HARAHSEH, Adnan; AL-ADAMAT, Rida. Quality Assessment of Harvested Rainwater for Domestic Uses. **Jordan Journal of Earth and Environmental Sciences**. v. 2, n 1, p. 26- 31, jun. 2009.

REBELLO, Guilherme Augusto de Oliveira. **Conservação de Água em Edificações: Estudo das Características de Qualidade da Água Pluvial Aproveitada em**

Instalações Prediais Residenciais. 2004. 113f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, São Paulo, 2004.

RIBEIRO, Elaine Nolasco; SOUZA JUNIOR, Wilson Cabral de; NOLASCO, Marcelo Antunes; URRUCHI, Wilfredo Milquiades Irrazabal; ALMEIDA, Vinicius de Souza. Caracterização da qualidade da água após passagem por telhado no aeroporto internacional de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 25, 2009, Recife. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 2009. 1 CD ROM.

RICE, Eugene W.; BAIRD, Rodger B.; EATON, Andrew D.; CLESCERI, Andrew D. . **Standard Methods For the Examination of Water and Wasterwater**. 22 ed. Washington, 2012.

SANTOS, Caroline dos. **O Aproveitamento da Água de Chuva para Uso não Potável em Edificações**. 2007. 60p. Dissertação (Graduação de Engenheiro Civil) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

SANTOS, Celso Augusto Guimarães; MAGNO, Klissia; PALMEIRA, Mellyne; DANTAS, Renan; BRAGA Isabelle Yruska de Lucena Gomes. Aproveitamento de Água de Chuva para Fins não Potáveis. In: ENCONTRO DE EXTENSÃO, 10., 2008. **Anais...** 2008.1CD-ROM.

SANTOS, Maria Auxiliadora Freitas dos. **Qualidade da Água de Chuva Armazenada em Cisternas Rurais e as Modificações Decorrentes do Manuseio na Região de Serrinha-BA**. 2008. 71f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2008.

SAZAKLI, E.; ALEXOPOULOS, A.; LEOTSINIDIS, M. Rainwater harvesting, quality assessment and utilization in Kefalonia Island, Greece. **Water Research**. Grécia. v. 41. p. 2039 – 2047. Mar. 2007.

SILVA, Carolina Ventura. **Qualidade da Água de Chuva para Consumo Humano Armazenada em Cisternas de Placa**. Estudo de Caso: Araçuaí, MG. 2006. 136f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

SILVA, Gilmar da. **Aproveitamento de Água de Chuva em um Prédio Industrial e Numa Escola Pública** – Estudo de Caso. 2007. 103f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

SILVA, Osias Pereira da. **A Exclusão Social No Semiárido Brasileiro**. 2010. 62f. Monografia de Graduação (Graduação em Ciências Econômicas) – Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

SILVA, Suênio Anderson Feliciano da; ALMEIDA, Marcello Maia de. Análise no Tratamento da Água e Manutenção das Cisternas num Bairro da Cidade de Mogéiro – Pb. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 8, 2012. Campina Grande. **Anais...** Petrolina: ABCMAC. 2012, 1 CD-ROM

SIMMONS, Greg; HOPE, Virginia; LEWIS, Gillian; WHITMORE, John; GAO, Wanzhen. CONTAMINATION OF POTABLE ROOF-COLLECTED RAINWATER IN AUCKLAND, NEW ZEALAND. **Water Research**. Nova Zelândia. v.35, n 6, p. 1518 – 1524, 2001.

ROCHA, Thelma Soares. **Avaliação da Qualidade das Águas dos Poços Tubulares da Bacia do Rio do Peixe Equipados com Dessalinizadores, com Vistas ao Aproveitamento Econômico dos Sais de Rejeito**. 2008. 96f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2008.

TAVARES, Adriana Carneiro; NOBREGA, Rodolfo Luiz Bezerra; OLIVEIRA, Larysa Abílio Oliveira; SILVA, Mônica Maria Pereira da; CEBALLOS, Beatriz Susana Ovruski. Uso de cisternas no semiárido paraibano: estudo de conservação e técnicas de manejo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24., 2007, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2007, 1CD-ROM.

TAVARES, Adriana Carneiro. **Aspectos físicos, químicos e microbiológicos da água armazenada em cisternas de comunidades rurais no semiárido paraibano**. 2009. 166f. Dissertação de Mestrado (Programa Regional de Pós – Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2009.

TEXAS. **The Texas Manual on Rainwater Harvesting**. 3 ed. Texas: Texas Water Development Board, 2005. 88p.

VIALLE, C.; SABLAYROLLES, C.; LOVERA, M.; JACOB, S.; HUAU, M. C.; MONTREJAUD-VIGNOLES, M.. Monitoring of Water Quality from Roof Runoff: Interpretation Using Multivariate Analysis. **Water Research**. França. v. 25. p. 3765 – 3775, abr. 2011.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3 ed. Belo Horizonte: Dept. Eng. Sanitária e Ambiental (DESA); Universidade Federal de Minas (UFMG), 2000, 452p. (Princípios do Tratamento Biológico das Águas Residuárias, v.1).

WUNDER, Gisele Kimura; PENA, João Luiz; RIBEIRO, José Cláudio J.; DUARTE, Silvana. Desenvolvimento de modelo de associação entre saúde pública e abastecimento de água: um estudo aplicado aos municípios de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 22, 2003, Joinville. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 2003. 1 CD-ROM.

XAVIER, Rogerio Pereira; NÓBREGA, Rodolfo Luiz Bezerra; MIRANDA, Priscila Cordeiro de; GALVÃO, Carlos Oliveira; CEBALLOS, Beatriz Suzana Ovruski de. Avaliação da eficiência de dois tipos de desvios das primeiras águas na melhoria da qualidade da água de cisternas rurais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 7, 2009, Caruaru. **Anais...** Petrolina: ABCMAC. 2009, 1 CD-ROM

XAVIER, Rogerio Pereira. **Influencia de barreiras sanitárias na qualidade da água de chuva armazenada em cisternas do semiárido paraibano**. 2010. 114f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010.

YAZIZ, M. I.; GUNTING, H.; SAPARI, N.; GHAZALI, W.. Variations in Rainwater Variations in Rainwater Quality from Roof Catchments. **Water Research**. Malásia. v. 23, n. 6, p. 761 – 765, jan. 1989.

APÊNDICES

APÊNDICE A

QUESTIONÁRIO

Data: ___/___/___

Localidade:

Nº da Cisterna:

Nome do entrevistado:

Sexo:

Idade:

Horário de início: ___h___

Cuidador / Quem Maneja a Cisterna? _____

- 1) Quem construiu a cisterna?
 - a. ASA
 - b. Particular (a própria pessoa)
 - c. A própria pessoa em parceria com a ASA
 - d. Outro. Qual? _____
- 2) Origem da água da cisterna:
 - a. Chuva
 - b. Barreiro
 - c. Carro Pipa
 - d. Outras fontes. Qual? _____
- 3) Qual a superfície de coleta
 - a. Telhado
 - b. Superfície Impermeabilizada (Solo)
 - c. Ambas as opções
 - d. Nenhuma das opções. Qual? _____
- 4) Tipo de telhado
 - a. Amianto
 - b. Cerâmico
 - c. Metal
 - d. Outros. Qual _____
- 5) Qual é o material que é feito o reservatório?
 - a. Fibra de vidro
 - b. Plástico
 - c. Madeira
 - d. Metal

- e. Concreto
 - f. Fibrocimento (placas)
 - g. Alvenaria
 - h. Outro. Qual? _____
- 6) Já foi colocado peixe na cisterna? ()Sim ()Não
- 7) Dá algum tipo de comida para o peixe? ()Sim ()Não
- 8) Qual o tipo de bombeamento utilizado (como é retirada a água da cisterna?)
- a. Elétrico
 - b. Manual
 - c. Balde com auxílio de corda (responder as perguntas 9 e 10)
 - d. Outro. Qual _____
- 9) O balde utilizado para retirar a água é guardado aonde? _____
- 10) É usado só para pegar a água da cisterna? ()Sim ()Não
- 11) Captação de água de chuva apresenta descarte das primeiras águas? Sim ()
Não ()
- 12) Existe Tratamento da Água?
- a. Sim (Ir para questão 15)
 - b. Não (Ir para questão 16)
- 13) Qual o tipo de tratamento?
- a. Coar
 - b. Ferver
 - c. Filtração
 - d. Cloração.
 - e. Filtração + cloração
 - f. Tratamento alternativo. Qual _____
- 14) Existe algum custo relacionado ao tratamento?
- a. Sim. Quanto? R\$ _____ e quem paga? _____
(Caso responda está questão ir para a questão 13)
 - b. Não. (ir para questão 14)
- 15) Qual a eficiência do tratamento? _____
- 16) Por que você não utiliza tratamento? (questão não válida para quem apresenta tratamento)
- a. Não verifica a necessidade de tratamento
 - b. Os pontos de utilização não necessitam de tratamento

c. Não tem condições de implementar o tratamento

d. Outro. Qual _____

17) Nas calhas existe proteção? Sim () Não ()

18) Presença de (assinalar apenas aqueles que existe a presença, informando a que distância esta da cisterna):

a. Árvores. A que distância da cisterna _____m

b. Chiqueiro. A que distância da cisterna _____m

c. Galinheiro. A que distância da cisterna _____m

d. Curral. A que distância da cisterna _____m

19) Locais de uso da água de chuva:

a. Pia de Cozinha

b. Lavanderia

c. Vaso Sanitário. Quantos litros? _____

d. Chuveiro/Banho

e. Pia de Banheiro

f. Preparação de Alimentos

g. Bebidas (ingestão direta)

h. Rega de Jardim

i. Agricultura

j. Dessedentação de animais

k. Outro. Qual? _____

20) Qual o tempo de limpeza da cisterna? (rever a resposta, pois o entrevistado pode mascarar)

a. Semestralmente

b. Anualmente

c. Diferente. De quanto em quanto tempo? _____

d. Não realiza limpeza.

21) Existe limpeza do telhado?

a. Sim. Como? _____

b. Não.

22) Presença de fossa?

a. Sim. Distância da cisterna _____ m

b. Não. Horário de Término: ___h___

APÊNDICE B

QUADRO RESUMO DAS INFORMAÇÕES SOBRE A COLETA E ANÁLISE DAS AMOSTRAS DE ÁGUA DE CHUVA ARMAZENADA EM CISTERNAS.

Meio a ser Amostrado	Nº de análises	Parâmetros a serem analisados	Técnicas	Preparação das amostras e análises	Número de Campanhas	Valores limites dos Parâmetros (Padrão utilizado da Resolução CONAMA 274/2000 e a port. 2.914/2011 do MS)	Plano de Estrutura e Segurança de Profissionais.	Equipe de campo
Água de chuva em cisternas	32 Amostras	Coliformes termotolerantes	Membrana Filtrante	Procedimento de coleta e armazenamento em frascos de vidro (de acordo com o procedimento nº 9.060 A e B do <i>Standard Methods</i>)	2 campanhas (duplicata)	2500 UFC /100ml	LABDEA / EPUFBA, assegurando-se os procedimentos corretos do laboratório.	A estudante do MAASA.
		Bactérias heterotróficas	Pour Plate			500UFC/ml		

APÊNDICE C

FOTOS DAS CISTERNAS SELECIONADAS PARA A REALIZAÇÃO DE ANÁLISES MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA ARMAZENADA EM SEU INTERIOR.

F1 Ens. 01



F2 Ens. 02



F1F2 Ens. 03



F3 Ens. 04



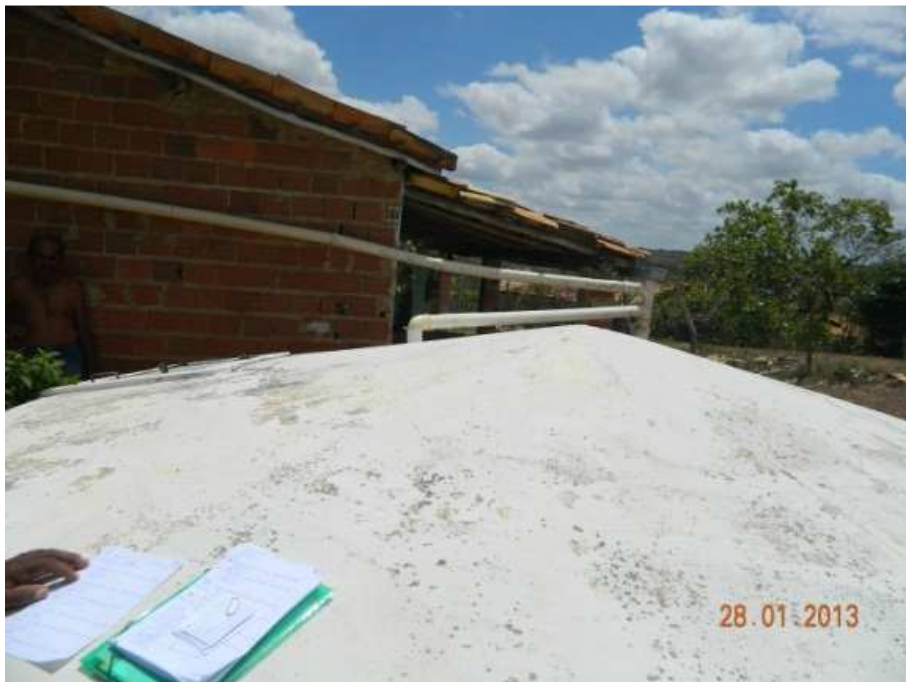
F1F3 Ens. 05



F2F3 Ens. 06



F1F2F3 Ens. 07



F4 Ens. 08



F1F4 Ens. 09



F2F4 Ens.10



F3F4 Ens. 11



F1F2F4 Ens. 12



F1F3F4 Ens. 13



F2F3F4 Ens. 14



F1F2F3F4 Ens. 15



(I). Ens. 16



F1 Ens. 17



F2 Ens. 18



F1F2 Ens. 19



F3 Ens. 20



F1F3 Ens. 21



F2F3 Ens. 22



F1F2F3 Ens. 23



F4 Ens. 24



F1F4 Ens. 25



F2F4 Ens.26



F3F4 Ens. 27



F1F2F4 Ens. 28



F1F2F3F4 Ens. 31



(I). Ens. 32

