



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

Caroline Gabriela Hoss

**POTENCIAL DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA NA PRODUÇÃO DE
SUÍNOS E AVES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JACUTINGA E BACIAS
CONTÍGUAS**

Florianópolis
2020

Caroline Gabriela Hoss

**POTENCIAL DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA NA PRODUÇÃO DE
SUÍNOS E AVES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JACUTINGA E BACIAS
CONTÍGUAS**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação
em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de
Santa Catarina para a obtenção do título de mestre em
Gestão de Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Paulo Belli Filho Dr.

Coorientador: Alexandre Matthiensen Dr.

Florianópolis

2020

Ficha de identificação da obra

Hoss, Caroline Gabriela
POTENCIAL DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA NA
PRODUÇÃO DE SUÍNOS E AVES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
JACUTINGA E BACIAS CONTÍGUAS / Caroline Gabriela Hoss ;
orientador, Paulo Belli Filho, coorientador, Alexandre
Matthiensen, 2020.
123 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Ambiental, Florianópolis, 2020.

Inclui referências.

1. Engenharia Ambiental. 2. Demanda hídrica. 3. Água da
chuva. 4. Produção animal. 5. Cisternas. I. Belli Filho,
Paulo . II. Matthiensen, Alexandre. III. Universidade
Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Ambiental. IV. Título.

Caroline Gabriela Hoss

Potencial do aproveitamento de água da chuva na produção de suínos e aves na bacia hidrográfica do rio Jacutinga e bacias contíguas

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Jorge Manuel Rodrigues Tavares, Dr.

Escola Superior Agrária - Instituto Politécnico de Beja, Portugal

Prof. EneDir Ghisi Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Maurício Luiz Sens, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de mestre em Gestão de Recursos Hídricos.

Profa. Maria Eliza Nagel Hassemer, Dra.

Coordenadora do Programa

Prof. Paulo Belli Filho Dr.

Orientador

Florianópolis, 2020.

Este trabalho é dedicado a todos aqueles que vivem a vida com amor e aproveitam todas as oportunidades para fazer desse mundo um lugar melhor.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar à minha mãe, Iris, que sempre acreditou em mim e, por mais que houvessem adversidades, nunca deixou de fazer o possível e o impossível para que eu pudesse realizar meus sonhos e buscar minha felicidade.

Aos professores que me repassaram conhecimento e aos amigos que fizeram a jornada se tornar mais leve. Às inúmeras pessoas que dividiram um lar comigo durante o período de mestrado, nessas 7 mudanças, em 3 cidades diferentes. Em especial ao Julio e a Ceni, que me receberam, com muito carinho, em sua casa em Concórdia. Quanto a agradecer!

Ao Jorge Tavares por toda a ajuda desde os tempos do TCC e por sempre ser o “coringa” na solução dos problemas e na orientação dos caminhos a seguir. Ao Alexandre Matthiensen pela ajuda na execução do projeto e orientação desse trabalho, assim como ao orientador Prof. Paulo Belli Filho. Muito obrigada pela compreensão de vocês. Agradeço também aos bolsistas, Ailton e Cesar, e ao Maikon, nosso “guia rural”. Muito obrigada por serem sempre tão solícitos e por toda a contribuição.

À CAPES pela bolsa de mestrado. À FAPESC pela aprovação do projeto que financiou a execução desse trabalho. Ao SINDICARNE pelo diálogo e parceria. À EMBRAPA suínos e aves por ser parceira na execução do projeto e disponibilizar a sua estrutura.

À UFSC por toda a diversidade sociocultural e o mundo de informações que me apresentou nesses anos. Com certeza contribuiu muito para a minha formação pessoal.

Por fim, um agradecimento especial às famílias das 10 propriedades rurais que nos receberam, sempre muito bem, e nos permitiram coletar as amostras das águas das cisternas.

“Água salgada para alimentar a alma.

Água doce para alimentar a vida.

Santa água sagrada!”

(Autor não identificado)

RESUMO

O aproveitamento de água da chuva vem sendo incentivado a fim de minimizar problemas decorrentes de períodos de estiagem e secas e atuar como ferramenta de gestão dos recursos hídricos. Em Santa Catarina (Art. 218 da Lei Estadual nº 14.675/2009) a instalação de sistemas de aproveitamento de água da chuva (SAAC) é requisito para a obtenção do licenciamento ambiental de atividades usuárias de recursos hídricos, como é o caso dos sistemas de produção de animais confinados (SPAC). Contudo, sua disseminação ainda conflita com a falta de conhecimento sobre a qualidade e a quantidade da água da chuva captada. Nesse contexto, esse estudo teve como objetivo avaliar o potencial quali-quantitativo dos SAAC instalados em SPAC de suínos e aves nos municípios da bacia do rio Jacutinga e bacias contíguas. Para o potencial quantitativo foi estimada a capacidade dos SAAC em suprir a demanda dos SPAC e a economia de água de outras fontes gerada pela aplicação dos SAAC na atividade. Para tanto, foi calculado o volume potencial de água da chuva a ser captado e comparado com a demanda de água existentes nos SPAC, para cada categoria de produção, em cada um dos municípios inseridos na área de estudo. Para a estimativa do potencial qualitativo, amostras de água de 10 SAAC utilizados em SPAC foram analisadas em âmbito físico-químico e microbiológico, em março, junho e dezembro de 2019. Em 3 SAAC foram coletadas amostras após realizado o processo de cloração. As alterações na qualidade da água provocadas pelos dispositivos do sistema intermediário – descarte dos primeiros escoamentos e filtros de pedra britada – foram avaliados em 8 eventos de chuva em sistemas pilotos. Como resultado, o potencial de suprimento da demanda avícola pelos SAAC foi de 100%, já da demanda suinícola variou entre 33,5% a 65,9%, a depender da fase produtiva de trabalho da granja. O potencial anual total de aproveitamento para a área de estudo foi de 5,2 mil m³. Sobre o potencial qualitativo, foi evidenciado o risco microbiológico na água não clorada, onde coliformes totais, *Escherichia coli*, enterococcus e *Salmonella sp.* foram identificados em 100%, 93,1%, 65,5% e 20,7% das amostras, respectivamente. A cloração realizada nas águas amostradas mostrou-se deficiente, onde apenas 1 dos 3 pontos de coleta apresentou eficiência de 100% na remoção dos microrganismos em todas as coletas. O sistema de descarte dos primeiros escoamentos apontou diferença significativa nos parâmetros condutividade, sólidos dissolvidos totais, cálcio e magnésio no primeiro milímetro de chuva em relação aos demais. A passagem da água pelos filtros de pedra britada gerou aumento significativo na concentração de magnésio e diminuição da turbidez e *Escherichia coli*. Concluiu-se que os SAAC apresentam alto potencial de suprimento da demanda dos SPAC, gerando uma economia de água representativa na área de estudo. A qualidade das águas dos SAAC apresentou potencial para a dessedentação animal, desde que realizado um processo de desinfecção eficiente. Contudo, a cloração realizada nas propriedades mostrou-se deficiente. Os dispositivos do sistema intermediário geraram melhorias na qualidade da água captada, porém, não descartando a necessidade de desinfecção.

Palavras-chave: 1. Demanda Hídrica. 2. Água da Chuva. 3. Produção animal. 4. Cisterna.

ABSTRACT

The use of rainwater have been encouraged as a way to minimize problems by water scarcity and act as a tool in the management of water resources. In Santa Catarina (Art. 218 of State Law nº 14.675/2009) the installation of rainwater harventing systems (RWHS) is a requirement to obtaining the environmental licensing of activities that use water resources, as is the case of concentrated production animal systems (CAPS). However, the dissemination of RWHS still confront with the lack of knowledge about the quality and quantity of rainwater collected. In this context, this study aimed to assess the qualitative and quantitative potential of RWHS installed in swine and poultry CAPS, in the municipalities of the Jacutinga River basin and contiguous basins. For the quantitative potential, were estimates the capacity of the RWHS to supply the demand of the SPAC and the other source's water savings, generated by the application of the RWHS in the activity. For this purpose, the potential volume of rainwater harvested was calculated and compared with the water demand of CAPS, for each one of production category, in each one of the municipalities within the study area. To estimate of qualitative potential, water samples from 10 RWHS used in CAPS were analyzed in a physical-chemical and microbiological scope, in March, June and December of 2019. In 3 RWHS were collected samples after the chlorination process. The changes in water quality caused by the devices of the intermediate system – first flush and crushed stone filters - were evaluated during 8 rain events at pilot systems. As a result, the potential of RWHS to supply poultry demand was 100%, whereas to supply the swine demand varied between 33.5% and 65.9%, to depending of the farm's work productive phase. The total annual potential for the study area was 5,200 m³. Regarding the qualitative potential, it was evidenced the microbiological risk in non-chlorinated water, where total coliforms, *Escherichia coli*, enterococcus and *Salmonella sp.* were identified in 100%, 93.1%, 65.5% and 20.7% of the samples, respectively. The chlorination process showed deficient: only 1 of the 3 collection points was 100% efficient in removing microorganisms in the three collection campaigns. The first flush showed a significant difference in the parameters: conductivity, total dissolved solids, calcium and magnesium, in the first millimeter of rain in relation to the others. The passage of water through crushed stone filters generated a significant increase in magnesium concentration and decreased in the turbidity and *Escherichia coli*. The finding was that the RWHS provide a high potential to supply the CAPS's demand, afford a significant water saving in the study area. The water quality of the RWHS showed have a potential for animal consumption, since an efficient disinfection process be realized. However, the chlorination process done in the properties proved to be deficient. The devices of the intermediate system generated improvements in the rainwater quality, however, not discarding the necessity of the disinfection.

Key-words: 1. Water demand. 2. Rainwater. 3. Animal production. 4. Cisterns.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Interações entre a água e outros grandes setores socioeconômicos afetados pela variabilidade e mudança climática	25
Figura 2. Volume de água consumido por frangos de corte, em função da idade.....	28
Figura 3. Representação esquemática de um sistema de aproveitamento de água da chuva utilizado na produção animal.....	43
Figura 4. Desenho esquemático do dispositivo de descarte de sólidos grosseiros – modelo de tela sobre a calha.....	43
Figura 5. a) Desenho esquemático do dispositivo de desvio dos primeiros escoamentos; b) Detalhe da boia de plástico flutuante.....	45
Figura 6. Representação esquemática de um filtro rápido de pedra britada de fluxo ascendente.	45
Figura 7. a) Filtração rápida com três filtros em série; b) filtração com pedra britada de menor granulometria para polimento final (3º filtro); c) filtração com pedra britada de granulometria maior (1º filtro).....	46
Figura 8. Cisterna do tipo semienterrada em geomembrana PEAD.....	47
Figura 9. Mapa de localização da área de estudo e municípios abrangidos	53
Figura 10. Fluxograma da metodologia aplicada na pesquisa.....	54
Figura 11. Obtenção de parâmetros <i>in loco</i> por meio de terminal multiparâmetros	62
Figura 12. Sistema de coleta escalonada dos primeiros cinco milímetros de água da chuva: a) desenho esquemático; b) sistema montado.....	65
Figura 13. Desenho esquemático do sistema de aproveitamento de água da chuva da Embrapa Suínos e Aves – Concórdia – SC.....	67
Figura 14. Sistema de aproveitamento de água da chuva da Embrapa Suínos e Aves – Concórdia - SC.....	68
Figura 15. Delimitação da área de influência das estações pluviométricas - Polígonos de Thiessen.....	70
Figura 16. Precipitação média mensal (1977-2018) das estações pluviométricas utilizadas ...	71
Figura 17. Contribuição das categorias de produção suinícola e avícola no volume potencial de aproveitamento de água da chuva na bacia hidrográfica do rio Jacutinga e bacias contíguas .	74
Figura 18. Potencial do aproveitamento de água da chuva na produção suinícola nos municípios da bacia do rio Jacutinga e bacias contíguas	75

Figura 19. Potencial do aproveitamento de água da chuva na produção avícola nos municípios da bacia do rio Jacutinga e bacias contíguas	76
Figura 20. Somatório do aproveitamento de água da chuva na produção suinícola e avícola nos municípios da bacia do rio Jacutinga e bacias contíguas.....	76
Figura 21. Potencial do aproveitamento de água da chuva em sistemas de animais confinados de suínos e aves por área nos municípios da bacia do rio Jacutinga e bacias contíguas	78
Figura 22. Variação da concentração de <i>Escherichia coli</i> encontrada nas amostras de água da chuva em cisternas, sem processo de desinfecção, nas três campanhas de coleta realizadas. .	85
Figura 23. Eficiência da cloração – propriedade P1	89
Figura 24. Eficiência da cloração – propriedade P2.....	89
Figura 25. Diferença visual das amostras do 1º ao 5º milímetro em dois eventos de chuva distintos – da esquerda para a direita.....	91
Figura 26. Comportamento da condutividade nos cinco primeiros milímetros de chuva captados no telhado de uma instalação suinícola.	93
Figura 27. Comportamento da concentração do íon cálcio nos cinco primeiros milímetros de chuva captados no telhado de uma instalação suinícola.....	94
Figura 28. Comportamento da turbidez nos cinco primeiros milímetros de chuva captados no telhado de uma instalação suinícola.	94
Figura 28. Relação entre os parâmetros de qualidade de água e a intensidade da precipitação para o evento de 03/10/2019.....	100
Figura 29. Relação entre os parâmetros de qualidade de água e a intensidade da precipitação para o evento de 13/11/2019.....	100
Figura 31. Alteração do parâmetro Magnésio durante a passagem da água captada pelos filtros.	104
Figura 32. Alteração do parâmetro Turbidez durante a passagem da água captada pelos filtros.	105
Figura 32. Alteração do parâmetro <i>Escherichia coli</i> durante a passagem da água captada pelos filtros.....	106
Figura 33. Fotografia aérea sistema P1 – Mertins	122
Figura 34. Fotografia aérea sistema P4 – Branchini.....	122
Figura 35. Fotografia aérea sistema P8 – Schumann	123
Figura 36. Fotografia aérea sistema P10 – Canossa	123

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Recomendações de ações de manejo e manutenção de sistemas de aproveitamento de água da chuva e seus potenciais riscos associados.	52
Quadro 2. Identificação das estações pluviométricas utilizadas.....	55
Quadro 3. Identificação dos sistemas de aproveitamento de água da chuva (SAAC) selecionados e das amostras coletadas.	61
Quadro 4. Parâmetros analisados e seus respectivos métodos e local de análise.....	62
Quadro 5. Eventos de chuva e parâmetros analisados.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Volume diário de consumo de água (Litros/animal/dia) em sistemas especializados de produção de suínos no estado de Santa Catarina	28
Tabela 2. Recomendações de qualidade da água – parâmetros físico-químicos	32
Tabela 3. Diretrizes para parâmetros bacteriológicos de qualidade da água.....	34
Tabela 4. Rebanho efetivo por município inserido na área de estudo	56
Tabela 5. Coeficiente de densidade animal nas granjas para cada categoria de sistema intensivo de produção animal.....	57
Tabela 6. Consumo de água e período dos lotes para cada categoria de produção animal	58
Tabela 7. Precipitação média anual (1977-2018) para os municípios inseridos na bacia hidrográfica do rio Jacutinga e bacias contíguas.	72
Tabela 8. Potencial médio de suprimento da demanda dos sistemas de produção de animais confinados pelos sistemas de aproveitamento de água da chuva.	73
Tabela 9. Resultados das análises da qualidade de água bruta – não cloradas – provenientes de cisternas de armazenamento de água da chuva coletada nos telhados das granjas	80
Tabela 10. Porcentagem de amostras das águas das cisternas, não cloradas, em desacordo com as recomendações de qualidade da água consultadas	84
Tabela 11. Resultado das análises de qualidade da água da cisterna com água de nascente e do poço escavado.....	87
Tabela 12. Resultado das análises dos primeiros 5 milímetros de chuva captados.....	91
Tabela 13. Intensidade da chuva nos eventos analisados	97
Tabela 14. Dados climatológicos precedentes aos eventos de chuva analisados	97
Tabela 15. Correlações significativas entre os parâmetros de qualidade da água e os parâmetros climatológicos e intensidade da chuva.	98
Tabela 16. Correlações significativas entre os parâmetros de qualidade da água dos dois primeiros milímetros de chuva com os parâmetros climatológicos.	101
Tabela 17. Qualidade da água da chuva captada ao passar pelos filtros de pedra britada.	103

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ANA – Agência Nacional das Águas (ANA)
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ASA-Articulação no Semiárido Brasileiro
- CCME – Canadian Council Of Ministers Of The Environment
- Cedisa – Centro de Diagnósticos de Sanidade Animal
- CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- FATMA – Fundação do Meio Ambiente
- FAPESC – Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina
- IFPRI – International Food Policy Research Institute
- IMA – Instituto do Meio Ambiente
- IPCC – Intergovernmental Panel On Climate Change
- NBR – Norma Brasileira
- PIMC – Programa Um Milhão de Cisternas
- PEAD – Polietileno de Alta Densidade
- PROSAB – Programa De Pesquisas Em Saneamento Básico
- PVC – Policloreto de Vinila
- pH – Potencial Hidrogeniônico
- SAAC – Sistema de Aproveitamento de Água da Chuva
- SPAC – Sistema de Produção de Animais Confinados
- UNICEF – United Nations Children’s Fund
- USEPA - United States Environmental Protection Agency
- WHO – World Health Organization
- WRC – Water Research Commission
- WWAP – United Nations World Water Assessment Programme

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	OBJETIVOS	22
1.1.1	Objetivo Geral.....	22
1.1.2	Objetivos Específicos	22
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
2.1	O CENÁRIO DA ÁGUA NO BRASIL E NO MUNDO	23
2.2	A ÁGUA NOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE ANIMAIS CONFINADOS ..	25
2.2.1	Demanda de água da produção animal – suínos e aves.....	26
2.2.2	Qualidade da água para dessedentação animal e suas diretrizes.....	29
2.2.2.1	<i>Qualidade microbiológica da água para dessedentação animal.....</i>	<i>32</i>
2.2.2.2	<i>Desinfecção da água.....</i>	<i>36</i>
2.2.2.3	<i>Qualidade das fontes de água utilizadas na produção intensiva de animais.....</i>	<i>37</i>
2.3	O APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA E SUA UTILIZAÇÃO NA PRODUÇÃO ANIMAL INTENSIVA	39
2.3.1	Características dos Sistemas de Aproveitamento de Água da Chuva Utilizados na Produção Animal Intensiva	42
2.3.2	Qualidade da Água da Chuva Coletada em Telhados.....	47
2.3.3	Manejo e Limpeza do Sistema de Aproveitamento de Água da Chuva	49
3	MATERIAIS E MÉTODOS	53
3.1	POTENCIAL QUANTITATIVO DOS SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA.....	54
3.1.1	Obtenção das médias pluviométricas.....	54
3.1.2	Cálculo do volume de água disponível para aproveitamento (Vd)	55
3.1.3	Cálculo da demanda de água nos sistemas de produção de animais confinados (SPAC) - suínos e aves (D)	57

3.1.4	Cálculo do potencial quantitativo do aproveitamento de água da chuva nos SPAC	58
3.2	QUALIDADE ÁGUA DA CHUVA ARMAZENADA EM CISTERNAS DESTINADAS À PRODUÇÃO ANIMAL	59
3.2.1	Seleção dos Sistemas de Aproveitamento de Água da Chuva	59
3.2.2	Frequência, Pontos de Amostragem e Parâmetros Analisados.....	60
3.2.3	Da Avaliação da Qualidade da Água da chuva Armazenada em Cisternas para uso na Dessedentação Animal.....	63
3.3	INFLUÊNCIA DO SISTEMA INTERMEDIÁRIO NA QUALIDADE DA ÁGUA DA CHUVA CAPTADA	64
3.3.1	Dispositivo de descarte dos primeiros escoamentos	64
3.3.2	Filtros de pedra britada	67
3.4	TESTES ESTATÍSTICOS	68
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	70
4.1	POTENCIAL QUANTITATIVO DOS SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA.....	70
4.2	QUALIDADE ÁGUA DA CHUVA ARMAZENADA EM CISTERNAS DESTINADAS À PRODUÇÃO ANIMAL	79
4.2.1	Qualidade da Água da Chuva Armazenada em Cisterna – água bruta	79
4.2.2	Eficiência do Processo de desinfecção.....	88
4.3	INTERFERÊNCIA DO SISTEMA INTERMEDIÁRIO	90
4.3.1	Dispositivo de descarte dos primeiros escoamentos	90
4.3.2	Filtros de pedra britada	102
4.4	PRINCIPAIS RESULTADOS	107
5	CONCLUSÕES.....	110
5.1	LIMITAÇÕES DO TRABALHO.....	111
5.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	112
	REFERÊNCIAS	113

APÊNDICE A - Fotografias aéreas dos sistemas de aproveitamento de água da chuva instalados nas propriedades de produção de animais confinadas selecionadas	122
---	------------

1 INTRODUÇÃO

A água é um elemento vital e essencial para praticamente todas as atividades econômicas existentes. Nos sistemas de produção de animais confinados (SPAC) a água exprime valor substancial, sendo sua demanda constituída, principalmente, pelo consumo direto dos animais, pela limpeza e higienização das instalações/equipamentos e pelas nebulizações, que são utilizadas para melhorar o conforto térmico dos animais. Dessa forma, a disponibilidade de água em quantidade e qualidade ideais é fundamental para o sucesso produtivo do setor. (MATTHIENSEN; SCHMIDT, 2018).

De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), em locais de elevada concentração da produção animal, a demanda requerida para o setor causa impacto na disponibilidade de água (UNESCO; UN-WATER, 2020). No Brasil, segundo a Agência Nacional das Águas (ANA), o consumo animal corresponde a 11,6% da água consumida no país, mais que a indústria (9,5%) e o abastecimento urbano (9,1%) (ANA, 2019). Tal dado relaciona-se com a posição de destaque do Brasil, à nível mundial, na produção e exportação de proteína animal (ABPA, 2020).

A região sul concentra a maior parte da produção de suínos e aves do Brasil, sendo responsável pela atual primeira posição do país na exportação mundial de carne de frango e a quarta na exportação de carne suína. A atividade é essencial à economia e ao desenvolvimento de diversos pequenos municípios, que estão entre os mais desenvolvidos do país (ABPA, 2020). Ainda segundo a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA), os estados de Santa Catarina, Paraná e Rio Grande do Sul, juntos, foram responsáveis por 64,4% dos 13,245 milhões de toneladas de carne de frango produzidas no Brasil em 2019, contabilizando 83,7% da exportação nacional do produto. Adicionalmente, no mesmo ano, os estados do sul foram responsáveis por 68,9% dos 3,983 milhões de toneladas de carne suína produzidas no país e por 94,2% da exportação nacional do produto (ABPA, 2020).

Mesmo nos estados do sul do Brasil, a produção animal ocorre em locais específicos, principalmente nas cidades interioranas. Como exemplo pode ser referida a região de abrangência do Comitê de Gerenciamento de Bacia Hidrográfica do Rio Jacutinga e Bacias Contíguas (Comitê Jacutinga), localizada no Meio-Oeste do estado de Santa Catarina, onde os 19 municípios que integram a bacia hidrográfica concentram cerca de 20% de toda a produção de suínos e aves do estado, em uma área que corresponde a apenas 4% do território catarinense (IBGE, 2018). Devido a tal concentração, o volume de água utilizado na produção animal na

Região Hidrográfica 3 (RH3) de Santa Catarina, onde a bacia gerenciada pelo Comitê Jacutinga está inserida, representa cerca de 16,7% da retirada de água total e cerca de 57,4% de toda a água consumida na região (SANTA CATARINA, 2017).

Os SPAC, em maioria, localizam-se nas zonas rurais dos municípios, onde as redes de abastecimento de água, na maioria dos casos, não possuem alcance. Dessa forma, os produtores necessitam recorrer a fontes alternativas de abastecimento individual ou comunitário, como nascentes e poços profundos (HOSS et al., 2018a). O aumento significativo da perfuração de poços nos municípios que integram bacia hidrográfica do rio Jacutinga, tem levado, por exemplo, à sobre-exploração do Aquífero Serra Geral em algumas localidades, causando o esgotamento da água disponível e propiciando a poluição das águas subterrâneas (COMASSETTO et al., 2014). Além disso, há uma tendência para o aumento da escala produtiva nos SPAC, tornando a demanda mais concentrada em um único local e, conseqüentemente, podendo aumentar o estresse hídrico da região (WASKIEWIC et al., 2017).

O uso racional da água na produção de animais confinados é essencial para a continuidade da atividade e a sustentabilidade da produção (ABPA, 2020; MATTHIENSEN; HOSS; WASKIEWICK, 2020). A adoção de medidas para melhorar a eficiência do uso da água na pecuária, ao mesmo tempo em que garante o acesso à água para grupos vulneráveis, como pequenos agricultores, está intrinsecamente ligada a vários dos Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável – ODS – listados na Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU). Entre eles destacam-se: ODS 2 – fome zero e agricultura sustentável; ODS 6 – água potável e saneamento; ODS 12 – consumo e produção responsáveis; e ODS 13 – ação contra a mudança global do clima (UNESCO; UN-WATER, 2020)

Além dos problemas relacionados à quantidade de água disponível, em muitos lugares, a qualidade das águas das fontes superficiais e subterrâneas apresenta-se insatisfatória, fazendo-se necessário o uso de técnicas de tratamento ou, até mesmo, inviabilizando seu uso para finalidades mais nobres, como a dessedentação animal. Nas áreas rurais, a qualidade das fontes de água é, geralmente, comprometida devido ao manejo inadequado dos dejetos de animais e carcaças mortas, fossas sépticas usadas para dejetos humanos e instalações pecuárias mal posicionadas face à fonte de água, acarretando poluição fecal (AMARAL, 2004).

Nesse contexto, como forma de garantir a segurança hídrica para a produção, uma opção que ganhou destaque nos últimos anos foi a instalação de sistemas de aproveitamento de água da chuva (SAAC). No ano de 2017, 193 cisternas que armazenavam água da chuva foram identificadas pelo Comitê Jacutinga nos municípios de sua abrangência. Cerca de 70% das

cisternas foram instaladas a partir de subsídios e financiamentos governamentais, como o “Programa Água para o Campo”, que previa a construção de 1.864 cisternas, com capacidade de armazenamento de 500 m³ (SANTA CATARINA, 2014; WASKIEWIC et al., 2017).

Ainda em Santa Catarina, a inclusão do Art. 218 na Lei Estadual nº 14.675/2009, que institui o Código Estadual do Meio Ambiente, passou a exigir a instalação de sistemas de captação e aproveitamento de água da chuva como requisito à obtenção do licenciamento ambiental de atividades usuária de recursos hídricos, como é o caso dos SPAC, impulsionando a utilização desses sistemas (SANTA CATARINA, 2009). A tendência de diminuição da quantidade e qualidade dos recursos superficiais e subterrâneos e os cíclicos períodos de estiagem que afetam a região, comprometendo a vazão dessas fontes, também motivaram a disseminação dessa tecnologia. Observa-se que, em períodos críticos de estiagem, os usuários que não possuem boas fontes e que não adotaram a utilização de cisternas, continuam dependentes do abastecimento emergencial fornecido pelas prefeituras a partir de caminhão pipa, que, na maioria dos casos, apresenta água de baixa qualidade (WASKIEWIC et al., 2017).

A aplicação dos SAAC nos SPAC em Santa Catarina ainda é beneficiada pelo índice pluviométrico favorável da região, com chuvas bem distribuídas durante o ano. Dessa forma, conjuntamente com as extensas áreas de telhado das granjas, é possível a coleta de grandes volumes de água a baixo custo (HOSS, 2017; WASKIEWIC et al., 2017). No entanto, a aceitação da utilização da água da chuva nos SPAC, pelos produtores agrícolas e agroindústrias, ainda é baixa. Tal fato se deve a existência de dúvidas sobre a adequação da qualidade da água da chuva armazenada para consumo animal e uma preferência histórica e cultural pelas águas subterrâneas que, por apresentarem um caráter mais conservativo, compartilham uma visão de ser uma fonte de água mais segura qualitativamente e menos propensa a períodos de estiagem. Além disso, há um aparente baixo retorno econômico dos SAAC, tendo em vista que ainda não há a instauração do instrumento de gestão da cobrança pelo uso de água de mananciais superficiais e subterrâneos na grande maioria das bacias brasileiras, além do apoio do órgão público municipal para a obtenção e concessão de água de forma emergencial por caminhões-pipa em períodos de estiagem prolongada (WASKIEWIC et al., 2017)

A fim de responder às dúvidas que ainda cercam a utilização dos SAAC em SPAC e sendo o seu uso uma realidade que vem sendo incentivada e cobrada pelos órgãos governamentais, a sua seguridade, adequabilidade e viabilidade devem ser trabalhadas. Para tanto, os pontos críticos dos sistemas precisam ser identificados a fim de minimizar e/ou eliminar os riscos sanitários envolvidos (MATTHIENSEN, HOSS, WASKIEWICK, 2020).

Estudos que abordam a potencialidade dessa aplicação e sua representatividade no espaço territorial de uma bacia hidrográfica também são escassos. O seu diagnóstico, por sua vez, auxiliará na tomada de decisão dos produtores rurais quanto à instalação dos sistemas e na gestão da água captada, subsidiando, ainda, a elaboração de políticas públicas e programas governamentais de incentivo à adesão da tecnologia, já que a mesma atua na preservação das demais fontes de água, servindo de ferramenta para a gestão dos recursos hídricos locais (HOSS et al., 2018a).

O estudo de Hoss (2017) analisou uma amostra de 35 SAAC utilizados em SPAC na área de abrangência do Comitê Jacutinga, registrando as técnicas e materiais mais empregados nas instalações, bem como os procedimentos de manutenção e manejo realizados nos sistemas. Em 94,3% dos SAAC a cisterna era do tipo semienterrada em geomembrana PEAD/PVC, tecnologia adotada por propiciar o armazenamento de grandes volumes de água a um menor custo. Nessas cisternas, a capacidade de armazenamento supra, pelo menos, a totalidade da demanda da dessedentação animal durante 15 dias. Convém referir que em 48,6% dos casos, a área de captação utilizada nos sistemas permitia captar esse volume todos os meses, a partir da chuva média mensal, podendo assim substituir, ao menos, metade da água utilizada para o consumo animal. Tais dados indicam que a utilização dos SAAC apenas como uma reserva de emergência para épocas de estiagem não é a melhor prática, pois estaria subutilizando o sistema ao utilizá-lo somente uma ou duas vezes ao ano.

O mesmo estudo apontou a importância da utilização do dispositivo de descarte dos primeiros escoamentos e filtros na obtenção de uma água de melhor qualidade. Porém, relatou um subdimensionamento do sistema intermediário e a falta de conhecimento sobre a importância de tais dispositivos pelos proprietários, que por vezes realizavam um “*by-pass*” no sistema (HOSS, 2017).

Dado o contexto e pertinência dos resultados apresentados em Hoss (2017), a presente pesquisa teve como objetivo avaliar o potencial quali-quantitativo dos SAAC em SPAC. O local de estudo compreendeu todos os municípios onde a totalidade ou apenas uma parte do seu território pertença à área de gerenciamento do Comitê Jacutinga. Dessa forma, um total de 19 municípios foram contemplados, sendo que sua representatividade se deve à grande concentração de SPAC e ao grande número de SAAC já instalados na região.

Na avaliação do potencial quantitativo, estimou-se a capacidade dos SAAC em suprir a demanda dos SPAC, utilizando apenas o telhado das granjas como área de captação. Para isso, um estudo da precipitação de toda a área de estudo foi realizado e o volume de água disponível

para captação foi comparado com a demanda de água das produções suínolas e avícolas, de acordo com o efetivo animal de cada uma das categorias de produção animal dos municípios. A demanda de água a ser substituída pela água da chuva em cada uma das categorias produtivas foi somada para cada município, a fim de estimar um potencial em termos de volume total para a aplicação dos SAAC nos SPAC. Esse volume total ainda foi relacionado com a área de cada município, chegando a um potencial de aproveitamento por km², possibilitando identificar áreas de maior concentração de SPAC e de maior potencial para a aplicação dos SAAC.

Na avaliação qualitativa, a pesquisa teve foco na análise microbiológica das águas, com a inserção dos parâmetros enterococcus e *Salmonella sp.*, além dos indicadores comumente utilizados: coliformes totais e *Escherichia coli*, e parâmetros físico-químicos básicos. Amostras de 10 SAAC instalados em SPAC na área de estudo foram analisados em três campanhas de coleta, realizadas nos meses de março, junho e dezembro de 2019. Além da qualidade da água armazenada nas cisternas, foi avaliado o efeito da utilização do dispositivo de descarte dos primeiros escoamentos e filtros de pedra britada na qualidade da água da chuva coletada em telhados. Essa avaliação foi realizada por meio da análise de parâmetros indicadores de qualidade da água antes e depois da passagem da água da chuva pelos sistemas-piloto que reproduziram o funcionamento dos dispositivos do sistema intermediário. Ao total, 8 (oito) eventos de chuva foram analisados.

A presente pesquisa fez parte de um projeto aprovado e financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação de Santa Catarina – FAPESC intitulado “Viabilidade qualitativa de cisternas no aproveitamento de água da chuva para dessedentação animal”. A aprovação do projeto e início das atividades ocorreram em março de 2018, tendo sua finalização em dezembro de 2019. Sua aprovação teve parceria e apoio do Sindicato da Indústria de Carnes e Derivados (SINDICARNE) do estado de Santa Catarina e a execução do projeto foi de responsabilidade da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Suínos e Aves em parceria da Universidade Federal de Santa Catarina.

Essa pesquisa relaciona-se ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), a partir da gestão dos recursos hídricos e da sustentabilidade na produção de suínos e aves. Estudos anteriores do grupo de pesquisa orientado pelo Prof. Dr. Paulo Belli Filho envolveram o consumo de água em toda a cadeia de produção de suínos (TAVARES, 2012, 2016; TAVARES et al., 2014). Destaca-se, ainda, a pesquisa desenvolvida por Lisboa (2011), também do Programa de Pós-Graduação em

Engenharia Ambiental da UFSC, que propôs e avaliou diferentes tecnologias para sistemas de aproveitamento de água da chuva.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar o potencial quali-quantitativo do aproveitamento de água da chuva na produção de animais confinados – suínos e aves – nos municípios abrangidos pela atuação do Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Jacutinga e Bacias Contíguas - SC.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Estimar a capacidade dos sistemas de aproveitamento de água da chuva para suprir a demanda hídrica da produção de animais confinados - suínos e aves, utilizando o telhado das granjas como área de captação, nos municípios com área pertencente à região de atuação do Comitê Jacutinga - SC;
- Estimar o volume potencial a ser substituído, anualmente, com o aproveitamento de água da chuva nos sistemas de produção de animais confinados de suínos e aves em cada um dos municípios com área pertencente à região de atuação do Comitê Jacutinga;
- Analisar, por meio de parâmetros físico-químicos e microbiológicos, a qualidade da água da chuva proveniente de sistemas de aproveitamento instalados em propriedades com produção de animais confinados – suínos e aves;
- Verificar a influência dos componentes utilizados no sistema intermediário – descarte dos primeiros escoamentos e filtros de pedra britada – na qualidade da água da chuva captada em telhados de instalações de produção animal.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O CENÁRIO DA ÁGUA NO BRASIL E NO MUNDO

A água é o principal constituinte dos seres vivos, sendo vital para a sobrevivência e funcionamento dos ecossistemas e comunidades. Este recurso natural também é essencial para o desenvolvimento de praticamente todas as atividades econômicas. Desse modo, o aumento da população acarreta uma crescente demanda global dos recursos hídricos para atender aos usos diversos. A estimativa de aumento dessa demanda entre 2010 e 2050 é de 20% (considerando um cenário de sustentabilidade), podendo chegar a 33% em um cenário de rivalidade (BUREK et al., 2016). Por conseguinte, e, sendo a água um bem de domínio público e limitado, dotado de valor econômico, a sua gestão deve propiciar os usos múltiplos da atual e das futuras gerações (BRASIL, 1997).

De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), apesar da disponibilidade de água no planeta ser suficiente para suprir a demanda atual e futura, a distribuição espacial dos recursos hídricos é extremamente desigual, e acentua-se nos aglomerados populacionais, onde a disponibilidade *per capita* é menor. Atualmente, dois terços da população mundial vivem em áreas que passam por períodos de escassez de água em, pelo menos, um mês do ano (UNESCO; UN-WATER, 2018), sendo que três em cada dez pessoas não têm acesso a serviços de água potável (WHO; UNICEF, 2017).

Ainda segundo a UNESCO, a atividade agrícola é a atual responsável pela maior retirada de água no mundo, contabilizando 69%. A expansão e intensificação da produção agrícola em terras irrigadas é o fator mais significativo na demanda de água agrícola, contudo, em nível local, a agrossilvicultura e o armazenamento de água para os animais e a aquicultura impactam as contas de água das bacias e captações (UNESCO; UN-WATER, 2020).

A distribuição desigual dos recursos hídricos pode ser percebida, inclusive, dentro de um único país, como é o caso do Brasil. Com dimensões continentais, o Brasil é o país que possui a maior reserva de água doce do planeta, com aproximadamente 12% do total. Mesmo com a relativa abundância, problemas relacionados com a água vêm sendo cada vez mais comuns. Além da distribuição desigual dos recursos pelo território e a sazonalidade das chuvas em algumas regiões, a concentração da demanda em alguns locais acarreta situações de estresse hídrico por diversas partes do país. Cerca de 80% da água disponível no país está localizada na região norte, que acomoda apenas 5% da população brasileira, enquanto as regiões próximas

ao oceano atlântico possuem 3% dos recursos hídricos e concentram 45% da população (ANA, 2017).

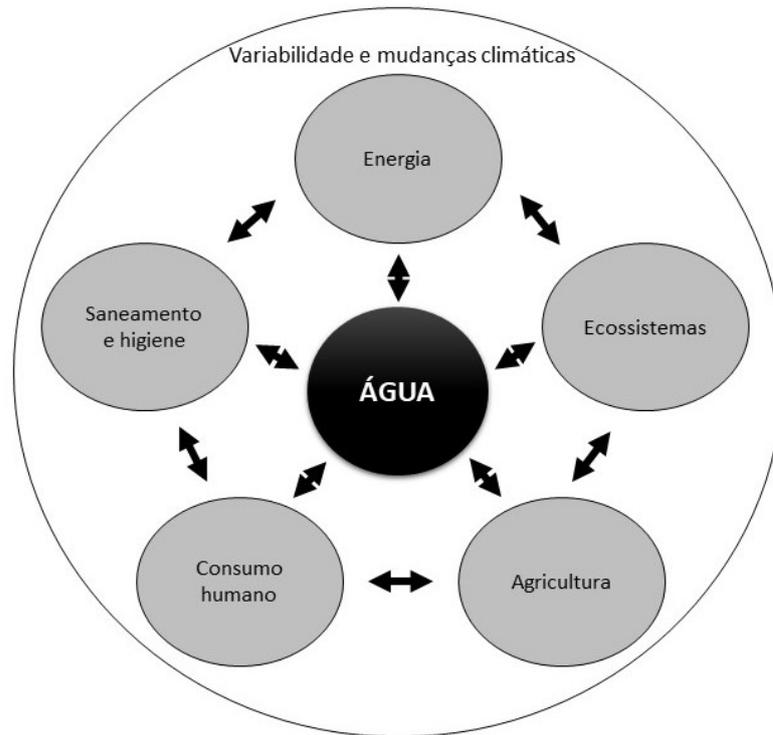
A demanda de água no Brasil tende a aumentar, até 2030, cerca de 80% do total retirado nas últimas décadas. Ademais, a degradação dos corpos d'água é crescente nos centros urbanos e até mesmo em ambientes rurais brasileiros, onde as atividades agropecuárias apresentam a maior demanda e têm papel significativo na contaminação das águas (ANA, 2017). Os impactos deste processo refletem no âmbito econômico e social, com o aumento do custo para o tratamento das águas destinadas ao consumo, perda de produtividade na agricultura e pecuária, aumento de gastos com intervenções hospitalares por doenças de veiculação hídrica e redução de valores turísticos, culturais e paisagísticos (ANA, 2012).

A renovação dos recursos hídricos se dá pelo ciclo hidrológico, envolvendo os seguintes processos de transferência: evaporação, precipitação e escoamento. Esse ciclo é influenciado pelos processos globais e climáticos que modulam seus padrões de escoamento e disponibilidade de água no espaço de tempo. Segundo observações das últimas décadas e projeções futuras de mudança climática, as variações na dinâmica do ciclo da água são crescentes e tornam regiões úmidas ainda mais úmidas e regiões secas ainda mais secas, agravando as discrepâncias de oferta e demanda de água (IPCC, 2014).

O escoamento superficial das águas em áreas agrícolas e o despejo de efluentes domésticos e industriais em corpos d'água, com tratamento inadequado ou inexistente, estão entre as principais causas de degradação da qualidade das águas. A perda de qualidade reduz a disponibilidade de água para fins mais nobres, como o consumo humano e a dessedentação animal. A persistência da degradação na escala atual, aliada às alterações no ciclo da água e ao aumento da demanda hídrica, ocasionarão, nas próximas décadas, uma situação de escassez, risco à saúde humana e dos ecossistemas, e retardo no desenvolvimento econômico sustentável (UNESCO; UN-WATER, 2020).

Segundo estimativas, se a degradação ambiental e as atividades insustentáveis continuarem a recair sobre os recursos hídricos no compasso atual, até 2050 cerca de 52% da população mundial será colocada em risco, assim como 45% do produto interno bruto global. As populações mais pobres e as regiões com pouca riqueza de recursos hídricos serão as mais afetadas, acentuando ainda mais as desigualdades (IFPRI, s.d.).

Figura 1. Interações entre a água e outros grandes setores socioeconômicos afetados pela variabilidade e mudança climática



Fonte: adaptado de UNESCO; UN-WATER, (2020)

2.2 A ÁGUA NOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE ANIMAIS CONFINADOS

A água atua crucialmente em todas as atividades metabólicas dos animais, sendo indispensável para a manutenção da vida. Os animais consomem cerca de três vezes mais água do que alimento, sendo seu peso vivo composto, ao longo da sua vida, em média, por cerca de 70% por água (OLKOWSKI, 2009; VIOLA et al., 2011).

Restrições de água afetam o bem-estar animal, podendo gerar desajustes fisiológicos irreparáveis, causando prejuízos econômicos aos produtores (BELLAYER; OLIVEIRA, 2009; OLIVEIRA et al., 2012). A qualidade da água utilizada também interfere diretamente no sucesso produtivo (ANZECC, 2000; CCME, 2005). Ela é fonte de elementos que podem impactar negativamente o desenvolvimento dos animais se ingeridos em excesso (PALHARES, 2016b).

A água na produção animal não pode ser pensada apenas como um recurso natural e sim como o principal nutriente da dieta dos animais. Assim, a importância dada à água deve ser, pelo menos, semelhante a que se dá a outros fatores produtivos, como: instalações, genética,

alimentação e manejo; mantendo seu fornecimento em quantidade e qualidade ideais (LISBOA, 2011; TAVARES, 2016).

Em muitos locais, os criadores enfrentam dificuldades em suprir a demanda da produção animal, já que os SPAC se localizam de forma dispersa nas zonas rurais, onde as redes de abastecimento de água, na maioria dos casos, não possuem alcance (WASKIEWIC et al., 2017). Dessa forma, os produtores necessitam recorrer a fontes alternativas de abastecimento individual ou comunitário, como nascentes e poços profundos. O aumento significativo da perfuração de poços profundos nas regiões de alta concentração dos SPAC, como é o caso da bacia hidrográfica do rio Jacutinga e bacias contíguas, tem levado, em alguns casos, à sobre-exploração das águas subterrâneas, causando o esgotamento da água disponível e propiciando a poluição das águas subterrâneas (COMASSETTO et al., 2014).

Além disso, há uma tendência para o aumento da escala produtiva nos SPAC, tornando a demanda mais concentrada em um único local e, conseqüentemente, podendo aumentar o estresse hídrico da região (WASKIEWIC et al., 2017). O elevado consumo de água nas regiões de produção intensiva e a falta de programas que visem a gestão das águas vêm reduzindo a disponibilidade desse recurso, tornando evidente e urgente a necessidade de utilizar esse recurso de forma racional (REGELMEIER; KOZERSKI, 2015).

Segundo Palhares (2016b), o setor agropecuário deve se posicionar como ator principal no gerenciamento dos recursos hídricos utilizados na produção de alimentos. Para isso, deve dominar desde as informações mais simples, como o volume de água utilizado na produção, até as mais complexas, como os limites hídricos de determinada propriedade, região e país. Essas informações, que determinarão a segurança e independência hídricas das produções e da sociedade, devem ser trabalhadas visando a gestão do recurso, o que diminuirá os impactos negativos dos eventos extremos. O mesmo autor define o manejo hídrico na atividade agropecuária como sendo “o uso cotidiano de conhecimentos, práticas e tecnologias que garantam a oferta de água em quantidade e qualidade”, prática essa que deve ser internalizada na rotina para que seja, de fato, eficiente (PALHARES, 2016).

2.2.1 Demanda de água da produção animal – suínos e aves

A demanda de água em um SPAC é relevante, sendo constituída essencialmente pelo consumo direto dos animais, pela limpeza e higiene das instalações e equipamentos, e pelas nebulizações, que são utilizadas para melhorar o conforto térmico dos animais. A água é ainda

utilizada como veículo de vacinas, medicamentos e outros nutrientes ministrados de forma adicional à alimentação seca (MATTHIENSEN; SCHMIDT, 2018).

Bellaver e Oliveira (2009) realizaram um balanço de água na produção intensiva de suínos e aves e, considerando apenas o consumo na dessedentação animal, limpeza das instalações e conforto térmico, chegaram a uma relação de 19,1 e 10,3 litros de água por quilograma de carne produzida para suínos e frangos de corte, respectivamente.

A água de bebida, na generalidade, é fornecida à vontade durante todo o dia, sem limites ou restrições, sendo o seu consumo um ótimo indicador de sanidade e do bem-estar animal. Porém, o seu consumo é de difícil avaliação pois pode ser afetado por diversos fatores, entre eles: a temperatura do ambiente e da água a ser consumida; espécie, sexo e idade dos animais; tipo, altura e disponibilidade de bebedouros; ingredientes e umidade do alimento; umidade relativa do ar; estado de saúde e de estresse dos animais (MATTHIENSEN; SCHMIDT, 2018; PALHARES, 2016b; TAVARES et al., 2014).

De forma geral, o consumo de água aumenta gradativamente com a idade dos animais. Na produção suinícola o sistema produtivo costuma ser especializado e segmentado (“*Multy site production system*”), onde, à exceção das unidades reprodutoras, as granjas recebem suínos de uma idade específica e os mantêm por determinado período de tempo, findo o qual são encaminhados para uma granja especializada na fase produtiva seguinte, ou para abate. Dessa forma, em cada modelo de sistema de produção suinícola há um consumo distinto de água. Os estudos de Tavares (2012, 2016) e Tavares et al., (2014) avaliaram o consumo de água nesses diferentes sistemas de produção de suínos no estado de Santa Catarina. Tais dados foram utilizados, em parte – unidades de terminação, pelo órgão ambiental do estado como parâmetro para o cálculo de consumo de água das granjas, envolvido no processo de documentação necessária para o licenciamento ambiental da atividade. A Tabela 1 apresenta os parâmetros de consumo, conforme a Instrução Normativa N° 11 do Instituto do Meio Ambiente (IMA) – antiga Fundação do Meio Ambiente (FATMA).

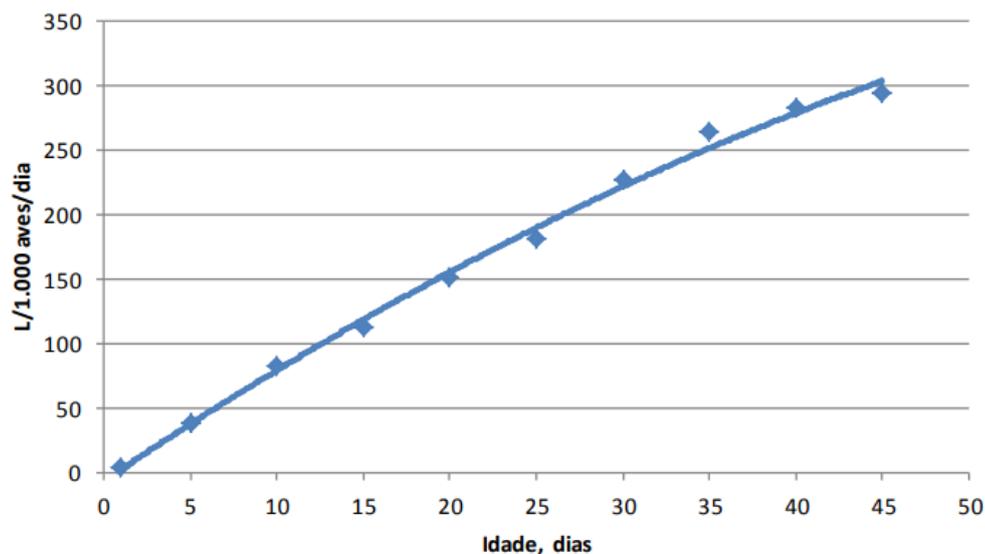
Tabela 1. Volume diário de consumo de água (Litros/animal/dia) em sistemas especializados de produção de suínos no estado de Santa Catarina

Modelo de sistema de produção de suínos	Massa suínos (kg)	Consumo de água (L/animal/dia)
Ciclo completo	-	72,9
Unidade de Produção de Leitões	-	35,3
Unidade de Produção de desmamados	-	27,8
Crechários	6 a 28	2,5
Unidade de Terminação	23 a 120	8,3

Fonte: Fundação do Meio Ambiente – FATMA (2014).

Já na produção avícola, os animais, após seu nascimento em unidades de reprodução, permanecem durante todo o ciclo em uma mesma granja. Na produção de frangos de corte, os animais chegam ao aviário pesando poucas gramas e permanecem até estarem prontos para o abate, cerca de 45 dias depois, com cerca de 2,5 kg. Junto com o rápido ganho de peso, o consumo de água dos animais também se eleva consideravelmente, principalmente nas primeiras semanas. Viola (2003) observou crescimento diário dos volumes de água consumidos por frangos de corte mantidos em temperatura de conforto (Figura 2). Contudo, após certo tempo, o consumo de água se estabiliza, assim como a ingestão de alimento e o ganho de peso (VIOLA, 2003).

Figura 2. Volume de água consumido por frangos de corte, em função da idade



Fonte: VIOLA et al. (2011)

2.2.2 Qualidade da água para dessedentação animal e suas diretrizes

Dentre as demandas de água existentes nos SPAC, aquela que exige uma melhor qualidade é a dessedentação animal. A água destinada ao consumo dos animais deve ser limpa, fresca e isenta de patógenos (MATTHIENSEN; SCHMIDT, 2018). A qualidade da água utilizada interfere diretamente no sucesso da produção, podendo prejudicar o desenvolvimento dos animais e, assim, acarretar perdas econômicas para o produtor e um produto inferior a ser entregue ao consumidor (ANZECC, 2000; CCME, 2005). Por outro lado, diretrizes muito conservadoras podem reduzir consideravelmente a disponibilidade de água e aumentar o custo da produção, gerando um impacto desnecessário no setor (OLKOWSKI, 2009).

Na maioria dos casos, contaminantes encontrados na água não apresentam riscos fatais aos animais, mas podem acarretar impacto significativo nos parâmetros de vitalidade e de produção de alta performance (CCME, 2005; OLKOWSKI, 2009). Dessa forma, a água utilizada para dessedentação animal pode ser uma peça chave na busca por respostas em casos de baixo desempenho ou condições inespecíficas de doenças nos animais (CARSON, 2000).

A água servida aos animais deve ser analisada periodicamente, sendo que sua análise deve contemplar parâmetros organolépticos, físicos, químicos e biológicos. Os parâmetros básicos para a avaliação da qualidade da água para tal finalidade são: sólidos dissolvidos totais (SDT), pH, sulfato, nitrito-nitrato e bactérias do grupo coliformes. De forma suplementar, na análise da água podem-se incluir o potássio, o manganês e contaminantes específicos que indiquem as possíveis fontes de contaminação. Os resultados das amostras de água analisadas devem ser avaliados de acordo com os padrões existentes para a qualidade da água para os animais (CARSON, 2000). Contudo, observa-se carência de diretrizes atualizadas, focadas na saúde dos animais (MATTHIENSEN; SCHMIDT, 2018).

As diretrizes para qualidade da água de dessedentação animal devem indicar concentrações para parâmetros indicadores de qualidade, abaixo das quais há um risco mínimo para a saúde animal ou a produtividade (ANZECC, 2000; OLKOWSKI, 2009). Essas indicações devem ser provenientes de resultados de estudos de exposição que contemplem os estágios de vida mais sensíveis dos animais (USEPA, 1985).

Problemas na qualidade da água estão associados, em alguns casos, às interações entre certos contaminantes e não à sua presença isolada. É o denominado efeito sinérgico. Do mesmo modo, podem ocorrer efeitos antagônicos, onde a presença de um contaminante inibe o efeito de outro. Esses efeitos não são bem compreendidos e, nesses casos, os limites propostos levam

a um resultado enganoso (CCME, 2005; OLKOWSKI, 2009; SOUTH AFRICA, 1996). Além disso, os estudos de toxicidade não costumam contabilizar os contaminantes consumidos por outros meios, como a alimentação (ANZECC, 2000).

No Brasil existe, atualmente, carência na definição dos parâmetros de qualidade de água para uso na dessedentação animal e inexistência de uma normativa que diferencie a qualidade da água para as diferentes espécies de animais (MATTHIENSEN, 2017). A Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005, classifica as águas superficiais em cinco classes, estabelecendo para cada uma delas padrões de qualidade e recomendações de uso. A mesma resolução estabelece que as águas superficiais para o consumo animal devem ser enquadradas nos padrões de qualidade da água da Classe 3 (BRASIL, 2005). Já a Resolução CONAMA nº 396, de 03 de abril de 2008, classifica as águas subterrâneas e estipula padrões de qualidade para diferentes usos, dentre eles, a dessedentação animal, estabelecendo limites para parâmetros inorgânicos, orgânicos, agrotóxicos e *Escherichia Coli* (BRASIL, 2008a).

Contudo, os limites indicados pelas resoluções CONAMA seguiram valores de referência já estabelecidos por agências ou organizações internacionais (BRASIL, 2005, 2008) e têm como base a conservação ambiental, indicando a qualidade da água enquanto fonte de suprimento, e não de forma direta à saúde animal. Dessa forma, estas resoluções não aplicam-se à água distribuída diretamente aos animais nas instalações de produção intensiva, pois o seu uso exige uma água de melhor qualidade para manter o alto padrão produtivo (BELLAYER; OLIVEIRA, 2009; LISBOA, 2011; MATTHIENSEN; SCHMIDT, 2018).

Segundo Oliveira et al. (2012), a água a ser consumida pelos animais deve ser potável, atendendo aos padrões de potabilidade, que no Brasil são estabelecidos pelo Ministério da Saúde. Atualmente os critérios e padrões de potabilidade da água são apresentados por meio do Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017 (BRASIL, 2017a). Olkowski (2009) também considera que se aplique os padrões de água potável, por questões de segurança, caso inexistam padrões específicos para o consumo animal, embora, frequentemente, esses sejam excessivamente conservadores.

A situação observada nas diretrizes brasileiras também pode ser percebida em normativas de outros países, onde os critérios referem-se ao corpo hídrico que será utilizado como fonte de água para a atividade. Por exemplo, o Peru também classifica suas águas em classes, propondo critérios de qualidade que variam com a finalidade desejada, entre elas o uso animal (PERU, 2015).

Já alguns países tratam da relação direta entre a água e o consumo animal, contudo, o critério utilizado para o estabelecimento das diretrizes apresenta divergências. Os limites estabelecidos para os parâmetros de qualidade da água de consumo animal pelos órgãos do governo canadense e da Austrália e Nova Zelândia baseiam-se na abordagem toxicológica, com dados que revelam os níveis de efeitos crônicos e tóxicos em animais (ANZECC, 2000; CCME, 2005). Já as diretrizes desenvolvidas na África do Sul incluem estudos de observações, o que pode significar considerações importantes sobre fatores sinérgicos e antagônicos nos efeitos adversos aos animais (SOUTH AFRICAN, 1996).

Dessa forma, percebe-se que as recomendações atuais de qualidade da água para animais baseiam-se em pesquisas muito fragmentadas e, mais importante, desatualizadas, que não levam em consideração variáveis importantes, como o status fisiológico do animal, a idade, o estado nutricional e, o mais importante, as diferenças entre as espécies (MATTHIENSEN; SCHMIDT, 2018; OLKOWSKI, 2009). Como a quantidade de água ingerida pelos animais é afetada por vários fatores, como a temperatura da água e do ambiente e a composição da dieta animal, os valores-limite de toxicidade devem variar de acordo com esses fatores, confirmando a necessidade de critérios específicos de qualidade da água de acordo com cada país/região (VALENTE-CAMPOS; NASCIMENTO, UMBUZEIRO; 2014).

No Brasil, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento emitiu o Ofício Circular Conjunto nº 01/2008 do Departamento de Fiscalização de Insumos Pecuários e o Departamento de Saúde Animal, que especifica e complementa alguns itens elencados na Instrução Normativa nº 56/2007 que estabelece procedimentos de fiscalização e controle de estabelecimentos avícolas de reprodução e comerciais. No anexo II do referido Ofício, estão definidos parâmetros de qualidade de água que devem ser monitorados nas granjas e seus respectivos limites (BRASIL, 2008b).

A Tabela 2 apresenta os valores de referência para alguns parâmetros físicos e químicos, segundo recomendações de qualidade da água para uso na produção animal.

Tabela 2. Recomendações de qualidade da água – parâmetros físico-químicos

Parâmetro	Brasil (2005) Classe 3	Brasil (2008a)	Brasil (2008b)	Brasil (2017a)	Peru (2015) Classe 3	South Africa (1996)	CCME (2005)	ANZECC (2000)
Cálcio (mg/L)						1000	1000	1000
Condutividade (µs/cm)					5000			
Dureza total (mg/L)			110	500				
Magnésio (mg/L)					250	500		
Nitrato (mg/L NO ₃ -N)	10	90	10	10		100		90
Nitrito (mg/L NO ₂ - N)	1	10		1	10	10	10	9
Nitrato + Nitrito					100		100	
pH	6,0 - 9,0		6,0 - 9,0	6,0 -9,0	6,5 - 8,4			
Sulfato (mg/L)	250	1000	250	250	1000	1000	1000	1000
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	500		500			1000		2000
Turbidez (uT)	100			5				

2.2.2.1 Qualidade microbiológica da água para dessedentação animal

Embora a água não forneça condições ideais para a multiplicação de microrganismos patogênicos, eles geralmente sobrevivem por tempo suficiente para permitir a transmissão pela água (AMARAL, 2004; MATTHIENSEN; SCHMIDT, 2018). Dessa forma, a baixa qualidade microbiológica da água ingerida aumenta o risco de doenças causadas por bactérias, vírus e protozoários, podendo causar, em casos extremos, a morte dos animais (ANZECC, 2000).

Uma causa muito importante da contaminação biológica de fontes de água em propriedades de produção animal intensiva está associada à própria produção, onde os excrementos podem estar sendo levados pela água da chuva ou de lavagem das instalações até a fonte de água, ou serem transportados por meio dos ventos. Assim, existe uma preocupação com patógenos entéricos como a *Escherichia coli*, *Salmonella sp.* e *Compylobacter jejuni* (OLKOWSKI, 2009; SOUTH AFRICA, 1996).

O exame microbiológico da água visa revelar a qualidade sanitária da água e seu grau de contaminação (CARSON, 2000). Uma grande variedade de microrganismos pode estar presente na água, podendo ou não causar patogenicidades. Em geral, as análises de qualidade

da água nesse âmbito, procuram por espécies indicadoras e não especificamente os patogênicos, devido ao tempo e custos dispendiosos relacionados (ANZECC, 2000; AMARAL, 2004; CARSON, 2000; OLKOWSKI, 2009). Contudo, deve-se ter cuidado na escolha dos indicadores utilizados, pois os mesmos devem estar relacionados à contaminações provenientes das possíveis fontes de contaminação existentes no local (ANZECC, 2000).

Para avaliar a qualidade microbiológica da água visando a contaminação por fezes, os indicadores mais utilizados são as bactérias do grupo coliformes (OLKOWSKI, 2009; PENZ JUNIOR, 2003; SOUTH AFRICA, 1996). Os “coliformes totais” são bactérias Gram negativas encontradas em grande número no trato intestinal de animais de sangue quente e caracterizam-se por fermentar lactose com formação de ácido e gás a 35°C. Incluem-se nesse grupo as bactérias dos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* e *Klebsiella*. Já os coliformes fecais são um subgrupo dos coliformes totais, os quais se diferenciam por sua capacidade de fermentar lactose em temperatura mais elevadas (44 – 45°C) (SANCHEZ, 2015). Contudo, ambos os grupos apresentam espécies de bactérias que também podem ocorrer em outros locais naturais, como solos e plantas, mesmo não havendo contaminação por material fecal (AHMED et al., 2010; BRASIL, 2005).

Em busca de um indicador mais preciso de contaminação fecal, difundiu-se a detecção e contagem do gênero *Escherichia coli*, que corresponde a 95% dos coliformes existentes nas fezes humanas e de outros animais homeotérmicos, sendo essa a única bactéria do grupo dos coliformes termotolerantes de origem exclusivamente fecal (BRASIL, 2005).

Contudo, uma baixa contagem de coliformes nas águas superficiais não significa que há problemas. Nas áreas rurais, geralmente são encontradas bactérias do tipo *E. coli* entre 20 e 100 unidades por 100 mL, mesmo em águas não contaminadas. Dessa forma, não basta apenas determinar a presença desses microrganismos, mas sim estimar o número das bactérias presentes (OLKOWSKI, 2009).

Outro grupo que também é utilizado como indicador de contaminação fecal é o enterococos, formado por bactérias gran-positivas que apresentam formato de cocos, sendo seus principais representantes as espécies *S. faecalis* e *S. faecium*. Apesar de serem detectadas em concentrações menores que as bactérias do grupo coliformes nas fezes de animais e humanos, essas bactérias são capazes de resistir a maiores oscilações de temperatura e pH mais elevado (AHMED et al., 2010).

Todos os microrganismos mencionados são diretamente afetados por fatores ambientais como a temperatura e o pH. Para a maioria das bactérias, o pH ótimo para

crescimento encontra-se entre 6,5 e 7,5, e os limites normalmente rondam entre o 5 e 9. Um aspecto importante a notar é que o pH do meio pode alterar-se como resultado de atividades químicas da bactéria. O padrão de crescimento das bactérias também pode ser profundamente influenciado pela temperatura, pois a mesma interfere diretamente em todas as reações químicas, sobre as quais dependem todos os processos. A maioria dos microrganismos clinicamente significativos são mesófilos, onde a temperatura ótima de crescimento situa-se entre 20°C e 40°C, como é o caso da bactéria *E. coli*, que consegue se desenvolver entre 7°C e 46°C, sendo 37°C a temperatura ótima de crescimento. Quando submetidas a uma temperatura de 60°C são destruídas em poucos segundos, mas conseguem resistir por longos períodos em temperaturas de refrigeração (COWAN, 2012).

A tolerância dos animais por bactérias foi pouco investigada. Com isso, as diretrizes para água de consumo animal costumam variar muito em sua recomendação para com os parâmetros microbiológicos, contudo, em maioria, as recomendações trazem um valor mediano inferior a 100 coliformes/100 mL (ANZECC, 2000; OLKOWSKI 2009). No fornecimento de água subterrânea para dessedentação animal, a Resolução Brasileira CONAMA nº 396/2008 recomenda o valor máximo de 200 UFC/100 mL (BRASIL, 2008a). Todavia, como se deseja a ausência de patógenos, se houver risco de contaminação microbiana, a desinfecção da água é altamente recomendada (OLKOWSKI, 2009).

Na análise microbiológica da água, a combinação de organismos pode ser necessária para constatações mais exatas (ANZECC, 2000). Ademais, caso haja risco de contaminação por um patógeno específico, esse deve ser investigado (OLKOWSKI, 2009). A Tabela 3 apresenta um compilado de recomendações para os parâmetros bacteriológicos utilizados na avaliação da qualidade da água para uso na dessedentação animal.

Tabela 3. Diretrizes para parâmetros bacteriológicos de qualidade da água

Parâmetro (NMP/100 mL)	Brasil (2005) Classe 3	Brasil (2008a)	Brasil (2008b)	Brasil (2017a)	Peru (2015) Classe 3	South Africa (1996)	ANZECC (2000)
Coliformes totais				0	5000		
Coliformes termotolerantes	1000	200			1000	200	100
<i>Escherichia coli</i>		200	0	0	100		
Enterococcus					20		

Em certos casos, os microrganismos patogênicos que chegam aos animais por via hídrica podem, posteriormente, ser transferidos do animal para o consumidor, podendo causar

um problema de saúde pública, como por exemplo, a infecção por bactérias do grupo salmonela. As aves, principalmente galinhas e perus, são as principais fontes de infecção de salmonela para o homem. A infecção pode ser adquirida pelo consumo de carnes e ovos contaminados (BACK, 2010). Adicionalmente, cerca de 10% dos casos de salmonelose em seres humanos são veiculados por produtos de origem suína (MACHADO et al., 2016).

Na produção animal, a salmonelose pode gerar altos custos e entraves no consumo e importação dos produtos (KICH; CARDOSO, 2012). A *Salmonella* entérica produz doença sistêmica severa nas aves, com alta morbidade, alta letalidade e redução na produção de ovos. Aves que resistem à doença tornam-se portadoras assintomáticas, crescendo dentro dos parâmetros zootécnicos esperados, produzindo ovos contaminados (BEER, 1999). Em suínos, infecções por bactérias desse grupo estão relacionadas a sequelas gastrointestinais que resultam em atraso no crescimento, redução da eficiência alimentar e custo com tratamentos intestinais. Casos mais severos podem levar a altas taxas de mortalidade e morbidade (MCORIST; GEBHART, 1999).

Em água doce, a *Salmonella spp.* pode sobreviver por cerca de 16 dias, apresentando-se em proporções variáveis nas águas poluídas e potencialmente contaminadas. Sua determinação é difícil e de complexa metodologia de contagem, não sendo recomendada para análises práticas. Contudo, sua determinação é bastante usada em estudos epidemiológicos. Bactérias desse grupo encontram-se presentes em temperaturas que variam de 5 a 45°C, com temperatura ótima de crescimento de 35 a 37°C. Podem ser destruída pela exposição à temperatura de 55°C por uma hora ou 60°C por 15 minutos, assim como por contato direto a raios ultravioleta, estímulos elétricos e desinfetantes (RODRIGUES, 2005).

Vírus e protozoários também podem causar condições patogênicas graves. Os vírus patogênicos geralmente não são transmitidos pela água, mas alguns podem ser contraídos devido ao saneamento inadequado, resultando na contaminação de alimentos e água (OLKOWSKI, 2009).

Quanto a periodicidade da realização das análises microbiológicas da água de consumo animal, a Instrução Normativa (IN) nº 36/2012 do ministério da agricultura, pecuária e abastecimento, que alteram a IN nº 56/2007 – procedimentos para registro, fiscalização e controle de estabelecimentos avícolas, estabelece que as amostras devem ser colhidas trimestralmente nos estabelecimentos produtores de ovos, semestralmente para estabelecimentos avícolas de reprodução e anualmente para os estabelecimentos avícolas comerciais. Além disso, estabelece o monitoramento sanitário nos estabelecimentos para a

doença de Newcastle, influenza aviária, salmonelas, micoplasmas, além do controle do uso de produtos veterinários (BRASIL, 2012).

2.2.2.2 Desinfecção da água

A desinfecção da água é altamente recomendada se a contaminação microbiana for uma preocupação (OLKOWSKI, 2009). Nos estabelecimentos avícolas, a Instrução Normativa (IN) nº 18/2017 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, recomenda que a água utilizada para consumo das aves e para o sistema de nebulização dos aviários deve ser tratada com cloro a um residual mínimo de 3 mg/L, ou por outro tratamento de eficiência cientificamente comprovada para inativação dos agentes patogênicos (BRASIL, 2017b).

A ozonização e a radiação ultravioleta são técnicas que podem ser empregadas a esse processo. Porém, devido ao baixo custo, simplicidade dos materiais utilizados e a comprovada eficiência na redução de contaminantes biológicos, a cloração é o método mais utilizado em propriedades rurais (OLIVEIRA et al., 2012). Nesse processo podem ser usados produtos à base de cloro líquido, como o hipoclorito de sódio, cloro granular ou em pastilhas. A ação bactericida e oxidante destes produtos ocorre no momento de sua dissolução em água, com a liberação do ácido hipocloroso em sua forma não dissociada (OTENIO et al., 2010).

Como vantagem, a cloração possui uma margem de tolerância alta, ou seja, sua sobredosagem é bem tolerada, principalmente em animais monogástricos, como é o caso de suínos e aves. Embora os efeitos adversos diretos da cloração sejam improváveis, a aplicação de produtos à base de hipoclorito de sódio em água contendo elevada concentração de matéria orgânica afeta a ação oxidante e pode levar à síntese de subprodutos que podem ser tóxicos, como os clorofenóis, trihalometanos e ácidos haloacéticos (OLKOWSKI, 2009; PENZ JUNIOR, 2003). Ademais, grandes quantidades de cloro geram gosto à água, podendo causar diminuição no consumo e, conseqüentemente, comprometimento do desempenho animal. Dessa forma, outro parâmetro que deve ser avaliado para a obtenção de uma cloração eficiente é o pH: quanto mais elevado for o pH da água, maior será a quantidade de cloro necessária para desinfecção (PENZ JUNIOR, 2003).

A cloração costuma ser realizada na caixa que abastece a instalação, já que a recomendação é que se realize o processo em pequenos volumes de água, suficiente para atender o consumo animal por poucos dias (OLIVEIRA et al., 2012). No processo de cloração o cloro reage não apenas com os microrganismos, mas também com muitos materiais orgânicos

e inorgânicos presentes, os quais juntos criam uma demanda de cloro. A demanda de cloro é uma propriedade extrínseca da água, que representa sua capacidade de consumir o cloro em um período determinado. Dessa forma, a qualidade da água interfere na quantidade de cloro a ser utilizado (TSAI; SCHADE; MOLYNEUX, 1992)

Segundo Oliveira et al. (2012), o tempo de contato mínimo entre a água e o cloro deve ser de 30 minutos. Quando utilizado hipoclorito de sódio (10%), para cada 1.000 litros recomenda-se a adição de 20 mL (2 colheres de sopa) do produto. A eficácia da cloração deve ser verificada com o acompanhamento do cloro residual livre na água, que deve possuir teor mínimo de 0,2 mg/L em qualquer ponto de distribuição (OTENIO et al., 2010).

2.2.2.3 Qualidade das fontes de água utilizadas na produção intensiva de animais

As fontes convencionais de água para a produção animal intensiva incluem as águas superficiais e subterrâneas, como rios/córregos, lagoas/reservatórios, poços e nascentes. A água da rede de abastecimento público também é utilizada e é mais segura do que outras fontes, devido à confiabilidade de sua qualidade e da continuidade de seu fornecimento durante todo o ano (THOMPSON et al. 2007). No entanto, devido às grandes distâncias entre as unidades de produção animal intensiva, e delas para os centros urbanos, a rede de abastecimento público, em muitos casos, não possui alcance, forçando a utilização de fontes alternativas para o suprimento da demanda. Como exemplo, o estudo de Gewehr et al. (2010) apontou que a origem da água utilizada em granjas de postura avícola em Santa Catarina é em 47% dos casos proveniente de poços; 23,5% de rios e apenas 6% proveniente da rede de abastecimento público. Os outros 17% utilizam mais de uma fonte para o abastecimento (GEWEHR et al, 2010).

Contudo, atualmente as fontes superficiais e subterrâneas apresentam problemas em sua qualidade, fazendo-se necessário o uso de técnicas de tratamento ou, até mesmo, inviabilizando seu uso para finalidades mais nobres. Nas áreas rurais, a qualidade das fontes de água é geralmente comprometida devido ao descarte inadequado de excrementos de animais e carcaças mortas, fossas sépticas usadas para dejetos humanos e instalações pecuárias que são posicionadas de forma incorreta à fonte de água, acarretando poluição fecal (AMARAL, 2004).

A utilização de águas superficiais torna-se cada vez mais incomum, devido à grande suscetibilidade à poluição, já que permanece diretamente acessível a receber a drenagem de operações intensivas de pecuária ou agricultura, exigindo cuidados especiais para o consumo de animais, principalmente por parte de sua qualidade microbiológica (ANZECC, 2000;

OWKOLWSKI, 2009). Com a baixa qualidade das águas superficiais e a ausência de rede de abastecimento de água nas áreas rurais, as águas subterrâneas se tornaram a fonte mais utilizada nos SPAC brasileiros (COMASSETO et al., 2017).

Há uma preferência histórica e cultural pelas águas subterrâneas, pois eram consideradas seguras e puras, livres de patógenos. No entanto, a contaminação biológica das águas subterrâneas tornou-se uma grande preocupação nos últimos anos (OWLOWSKI, 2009). Além disso, as águas subterrâneas são geralmente mais desequilibradas quimicamente do que as águas superficiais. A vazão de retirada e as características químicas dessas águas dependem das propriedades hidrogeológicas locais. Sais dissolvidos, metais pesados, arsênio, nitrato e fluoreto podem estar presentes em altos níveis (ANZECC, 2000).

Em estudo que avaliou a qualidade da água de 100 poços da bacia do rio Jacutinga e bacias contíguas, foi observado um número expressivo de poços com a qualidade da água comprometida, principalmente do ponto de vista microbiológico. A presença de *Escherichia coli* foi detectada em 16% das amostras, sendo que em um dos casos a concentração chegou a atingir 920,8 NMP/100mL (COMASSETO et al., 2014).

Na cidade de Ivoti, no Rio Grande do Sul, em uma avaliação de qualidade da água em 27 poços profundos, foram encontrados coliformes totais em 66,6% e coliformes termotolerantes em 25,9% das amostras. Entre os marcadores virais analisados, 40,7% das amostras apresentaram presença para adenovírus e 22,2% para rotavírus. Tais resultados indicam contaminação fecal da água subterrânea no local de estudo, situado na porção aflorante do Aquífero Guarani, e alerta para a necessidade de precaução quanto ao uso destes mananciais (LUZ et al., 2017).

Considerando a qualidade das fontes de água em geral, um estudo que analisou amostras de água de 31 granjas de aves de postura comercial na região Sul de Santa Catarina e avaliou sua adequabilidade perante o Ofício Circular Conjunto DFIP/DSA nº 1/2008 (BRASIL, 2008b) indicou que as águas apresentaram adequação para SDT, cloreto e sulfato. Contudo, apontou inadequação nos parâmetros: pH (em 26% das amostras), dureza (6,5%), nitrato (54,8%) e presença de *Escherichia coli* (46,2%). Dessa forma, 93,5% das amostras não se enquadraram em, pelo menos, um parâmetro do recomendado no Ofício. O número de aves nas granjas e tipo de fonte de água não apresentaram diferença estatística significativa ($p < 0,05$) nos resultados (CARDOZO et al., 2015).

Em estudo realizado por Souza, Iaria e Paim (1992), em Botucatu – SP, foram colhidas amostras de 113 bebedouros utilizados pelos animais em 60 propriedades rurais de produção

pecuária, onde salmonelas foram identificadas em 13,27%. Além disso, em 14 amostras (12,39%), a concentração de coliformes fecais apresentou-se acima de 4.000 NMP/100mL.

Diante desse cenário de insegurança hídrica, os sistemas de captação de água da chuva tornaram-se uma prática comum para o suprimento de água. Quando captada a partir de telhados, a qualidade físico-química dessas águas é, geralmente, superior à de fontes subterrâneas e compatível com os valores de orientação para água potável. Contudo, existe uma grande preocupação com a qualidade no âmbito microbiológico, devido à susceptibilidade de poluição por meio de excrementos de pássaros e roedores que acessam a área de captação (UNEP, 2002).

Algumas pesquisas, no entanto, apontam que sua qualidade microbiológica sofre os mesmos riscos que outras fontes naturais de água, exigindo cuidados na manutenção dos sistemas de captação e armazenamento e necessitando de desinfecção para a utilização em fins mais nobres. A adoção de boas práticas de manutenção e manejo dos sistemas de captação faz com que a qualidade da água seja semelhante, ou até mesmo superior, à de outras fontes naturais de água (HOSS, 2017).

2.3 O APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA E SUA UTILIZAÇÃO NA PRODUÇÃO ANIMAL INTENSIVA

Para promover a conservação da água pode-se atuar na gestão da demanda e também da oferta. Nesse contexto, o aproveitamento da água da chuva, apresenta-se como uma alternativa promissora de oferta hídrica com capacidade de minorar situações de escassez (LISBOA, 2011).

O aproveitamento da água de chuva é uma técnica milenar exercida por diferentes civilizações e culturas ao longo do tempo, como Maias, Incas e Astecas (PROSAB, 2006). Vilas romanas e até mesmo cidades inteiras foram projetadas para aproveitar água da chuva como fonte de água para beber e para fins domésticos desde, pelo menos, 2.000 a.C. Em Israel, o armazenamento do escoamento superficial em tanques para fins domésticos e agrícolas permitiram a habitação e o cultivo em áreas onde a precipitação anual média é de apenas 100 mm (UNEP, 2002). Com a chegada das redes de abastecimento e o aumento da perfuração de poços, essa técnica teve seu uso reduzido, mas atualmente volta a ser impulsionada frente à situação de insegurança hídrica (WRC, 2016).

O fornecimento de água no ponto de consumo ou próximo a ele, reduzindo os problemas de operação e manutenção de redes, e os poucos impactos ambientais negativos em comparação à outras tecnologias de abastecimento de água, são algumas das principais vantagens da captação de água da chuva (CHUBAKA et al., 2018; UNEP, 2002). Além disso, essa técnica exhibe alto potencial para aliviar os desafios no acesso a fontes de água limpa em qualquer comunidade, independentemente do local. Mesmo que a água canalizada esteja disponível, os períodos de seca atuais podem levar ao racionamento de água. Além disso, a captação em massa da água da chuva pode reduzir a pressão exercida sobre as demais fontes (WRC, 2016).

Essa nova visão sobre o fornecimento da água faz necessária uma mudança de conceitos e atitude dos entes públicos na implantação de programas educacionais para uma população que deixará de ser consumidora de água e passará a ser produtora da água que consome (SANTOS, 2015). O governo e as organizações não governamentais têm sido fundamentais na instalação de sistemas de coleta de águas pluviais na maioria das comunidades rurais pobres nas últimas décadas (WRC, 2016). Na Austrália, para abordar a preocupação em relação à sustentabilidade da água, o Governo Federal e muitos governos estaduais têm implementado mecanismos regulatórios e incentivos para apoiar a instalação de sistemas de captação de água da chuva em empresas (CHUBAKA et al., 2018). Nas regiões rurais da África do Sul, onde a água é escassa e, muitas vezes, não existe acesso à água tratada, a água da chuva coletada de telhados é uma das fontes mais utilizadas também para fins potáveis, já que as poucas fontes de água são potencialmente contaminadas (KAHINDA; TAIGBENU, 2011; WRC, 2016).

No Brasil, o aproveitamento de água da chuva é recente, com o início da disseminação da técnica no Nordeste, região semiárida brasileira, com o Programa Um Milhão de Cisternas – P1MC, desenvolvido pela Articulação no Semiárido Brasileiro (ASA) e financiado por organizações governamentais e do setor privado. Esse programa teve início no ano de 2000 e visou atender o consumo de água para beber das famílias de baixa renda, que viviam na zona rural dos municípios do Semiárido, através da construção e armazenamento da água da chuva em cisternas. O programa “Uma Terra e Duas Águas – P1+2”, desenvolvido pelos mesmos órgãos, também contemplou o aproveitamento da água da chuva para consumo humano, além da produção de alimentos (ASA, 2015).

Desde então, vários estados e cidades adotaram leis que estipulam o aproveitamento de água da chuva para algumas atividades ou tipos de edificações. Um dos últimos incentivos a

nível federal foi dado a partir da inclusão de um novo objetivo à Política Nacional de Recursos Hídricos: “incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento das águas pluviais” (BRASIL, 1997).

Na agroindústria, a utilização da água da chuva como fonte alternativa de suprimento da demanda e para o uso racional dos recursos hídricos também vem sendo estimulada. Os extensos telhados das unidades de produção aliados aos índices de pluviosidade expressivos nas principais regiões produtoras do país fazem dessa técnica promissora para a obtenção da segurança hídrica das propriedades e para a diminuição da dependência do uso de fontes superficiais ou subterrâneas (HOSS, 2017; HOSS et al., 2018a, 2018b; MATTHIENSEN; SCHMIDT, 2018).

Em Santa Catarina, a Lei 14.675/2009 que institui o Código Estadual do Meio Ambiente, que em seu Art. 218, dispõe que “as atividades/empreendimentos licenciáveis, quando usuários de recursos hídricos, devem prever sistemas para coleta de água de chuva para usos diversos” (SANTA CATARINA, 2009). Dessa forma, gerou-se a exigência da instalação de um sistema de captação e uso das águas pluviais para a obtenção da licença ambiental de empreendimentos usuários de recursos hídricos, pelo Instituto do Meio Ambiente (IMA) do estado, o que abrange os produtores de suínos e aves (IMA, 2020).

A validação e uso da água da chuva armazenada na produção animal pode gerar melhorias nas dimensões ambiental, social e econômica. No lado ambiental, a captação de água da chuva reduz a extração de fontes superficiais e subterrâneas, promovendo o uso racional da água e reduzindo o impacto hídrico do setor. No aspecto social, essa prática auxilia na segurança hídrica da propriedade rural, apoiando a manutenção do homem no campo e apoiando a educação ambiental. Por fim, na dimensão econômica, pode reduzir o custo da água na produção e permitir a expansão do rebanho onde a água é um fator limitante (PALHARES; GUIDONI, 2012; REGELMEIER; KOZERSKI, 2015).

Por outro lado, ainda há entraves na aceitação de produtores agrícolas e agroindústrias para o uso da água da chuva na produção animal. Existe uma forte preferência pelas águas subterrâneas, o que está gerando uma situação de superexploração e poluição das mesmas. Outras razões incluem dúvidas sobre a adequação da qualidade da água da chuva armazenada para o consumo animal, e o aparente baixo retorno econômico, tendo em vista que não há cobrança pela retirada de água de mananciais superficiais e subterrâneos e há apoio do órgão público municipal para obter água por meio de caminhões pipa em períodos de estiagem prolongada (WASKIEWIC et al., 2017)

Cabe salientar que a Política Nacional de Recursos Hídricos, regulamentada pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, tem por fundamento que a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico. A mesma política também institui a outorga dos direitos de uso e a cobrança pelo uso de recursos hídricos (BRASIL, 1997), o que envolve fontes superficiais e subterrâneas, mas que não inclui a água da chuva diretamente captada. Apesar de que a cobrança pelo uso da água ainda não esteja sendo realizada na maioria das bacias do Brasil, o processo já está em fase de implantação, e acarretará em mais um custo associado à atividade pecuária. Assim, a inserção de tecnologias e conhecimentos que promovam a redução da captação de fontes naturais trará impactos ambientais e econômicos positivos (SANTOS, 2015).

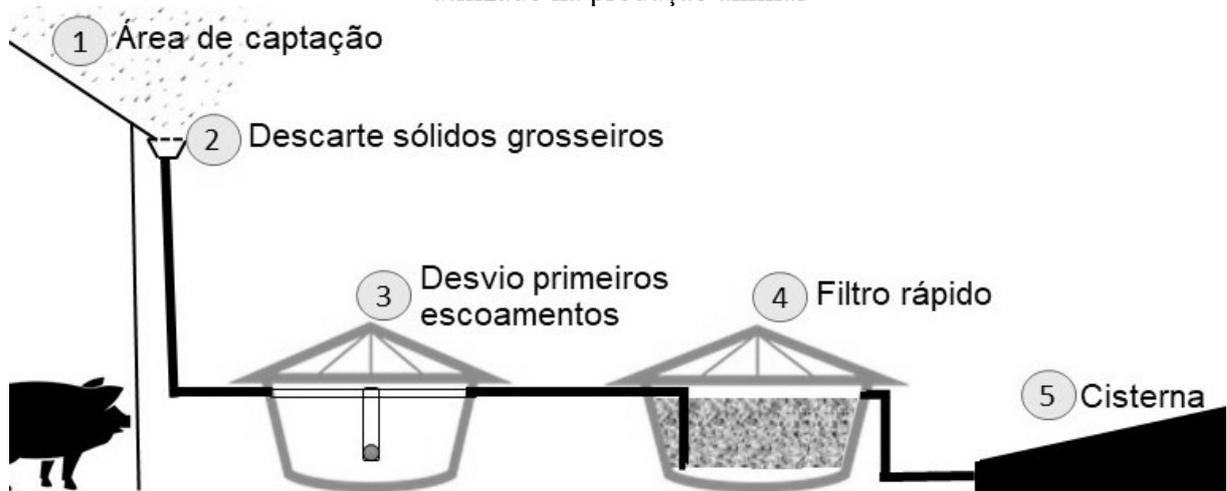
2.3.1 Características dos Sistemas de Aproveitamento de Água da Chuva Utilizados na Produção Animal Intensiva

Em geral, os sistemas de aproveitamento de água da chuva (SAAC) permitem captar a água pluvial que cai sobre uma superfície e encaminhá-la até um reservatório (cisterna), onde permanece armazenada até que seu uso seja feito. Os componentes desses sistemas variam conforme a qualidade que se deseja para a água (o que vai depender do uso pretendido), do espaço disponível para as instalações e os recursos financeiros a serem aplicados (PALHARES, 2016a).

Os telhados das edificações são a área de captação mais recomendada, pois possibilitam que o sistema funcione por gravidade, devido à altura do pé direito da instalação, e por ser uma área sem trânsito de pessoas e baixo fluxo de animais, diminuindo a possibilidade de contaminações cruzadas no sistema (ANDRADE; MARINOSKI; BECKER, 2010; LISBOA, 2011). Nesses casos, a água da chuva é coletada por meio de calhas instaladas no perímetro dos telhados e encaminhada até um reservatório, por meio de condutores verticais e horizontais, normalmente constituídos por tubulação PVC. Antes do armazenamento, a água deve passar por um pré-tratamento, que tem por objetivo aprimorar a qualidade da água e prevenir o risco de sua deterioração durante o armazenamento (ABNT, 2019).

No caso dos SAAC instalados nas unidades de produção intensiva de suínos e aves, o telhado das granjas é utilizado como área de captação, devido a sua grande extensão e proximidade ao ponto de utilização. Como pré-tratamento são utilizados dispositivos de retirada de sólidos grosseiros, desvio dos primeiros escoamentos e filtros rápidos de pedra britadas (HOSS, 2017; WASKIEWICK et al., 2017), conforme o esquema apresentado na Figura 3.

Figura 3. Representação esquemática de um sistema de aproveitamento de água da chuva utilizado na produção animal



Fonte: elaborado pela autora.

O descarte dos sólidos grosseiros é realizado a partir de telas, grades ou filtros com peneiras autolimpantes. Esse dispositivo evita que os detritos maiores sigam pelo sistema e se acumulem no interior do reservatório, o que contribui para a deterioração da qualidade da água armazenada (ABNT, 2019; LISBOA, 2011; OLIVEIRA et al., 2012). Nos sistemas de aproveitamento de água da chuva instalados na bacia hidrográfica do rio Jacutinga e sub-bacias contíguas, o modelo mais utilizado é o de telas sobre as calhas (Figura 4), que impedem a entrada dos detritos maiores antes mesmo de haver a reunião das águas coletadas em um único ponto (HOSS, 2017).

Figura 4. Desenho esquemático do dispositivo de descarte de sólidos grosseiros – modelo de tela sobre a calha.



Fonte: BELLA CALHA [s. d.].

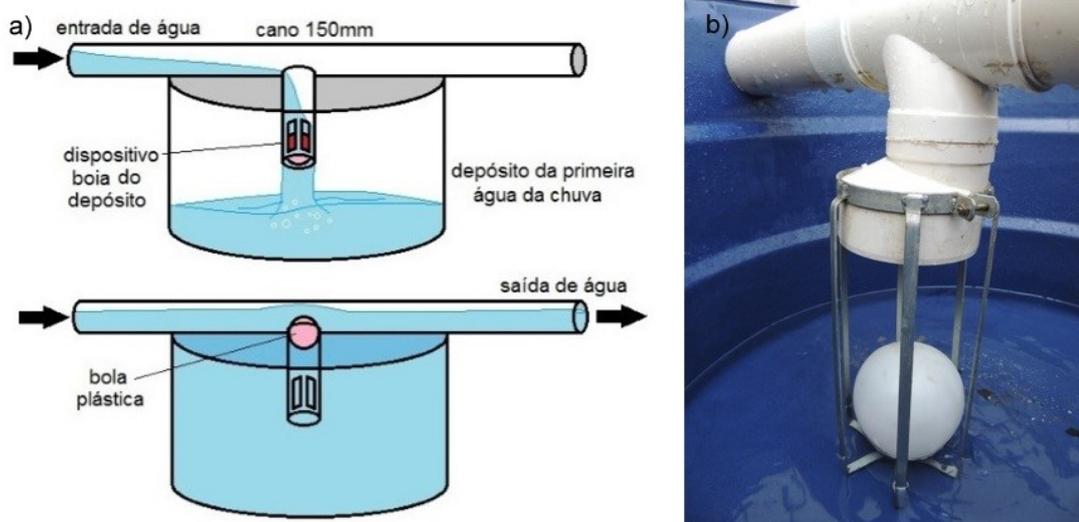
Os primeiros milímetros das chuvas fazem a limpeza da atmosfera e da área de captação, levando consigo a maioria dos contaminantes. À medida que a chuva realiza essa lavagem, a qualidade da água captada melhora. Dessa forma, é extremamente recomendado que se faça o desvio do primeiro fluxo de chuva captada, de forma a maximizar a qualidade da água a ser armazenada (OLIVEIRA et al., 2012; WHO, 2008).

Segundo Islam et al. (2010), a presença do sistema de descarte dos primeiros escoamentos, quando bem dimensionado e manejado, gera um decréscimo na concentração de coliformes fecais, reduzindo as concentrações de coliformes totais para 0-11 UFC/100 mL. A quantidade de chuva necessária para realizar a limpeza da cobertura varia conforme o intervalo entre as chuvas e as condições do ambiente (HAGEMANN, 2009). Santos (2015) ainda cita a influência de outros dois fatores na quantidade de chuva a ser descartada: a intensidade da chuva e a inclinação da cobertura, pois acarretam em alterações na velocidade de escoamento, e consequentemente, do poder de arraste de contaminantes.

A maioria dos estudos realizados para investigar o volume ideal de descarte, como o de Hagemann (2009) e Anecchini (2005), refletem a realidade de ambientes urbanos. As áreas urbanas possuem diferentes configurações ambientais em relação às rurais, de modo que os resultados obtidos não possam ser diretamente extrapolados de um para o outro (WRC, 2016). A recomendação da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é de que, caso não se tenha dados sobre a realidade local, se descarte os primeiros 2 mm de chuva (ABNT, 2019).

Existem várias formas de realizar o desvio dos primeiros escoamentos. Uma delas é a utilização de um pequeno reservatório com boia de plástico flutuante em seu interior, permitindo a passagem de água para a cisterna apenas quando este reservatório estiver cheio (ANDRADE; MARINOSKI; BECKER, 2010), como ilustrado na Figura 5. Esse método é o mais utilizado em sistemas de aproveitamento de água da chuva de grande porte, como é o caso dos utilizados na produção animal catarinense (HOSS, 2017; OLIVEIRA et al., 2012).

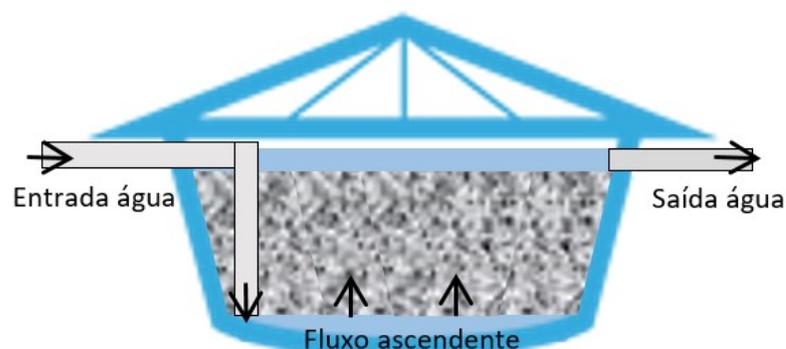
Figura 5. a) Desenho esquemático do dispositivo de desvio dos primeiros escoamentos; b) Detalhe da boia de plástico flutuante.



Fonte: a) Alexandre Matthiensen/Embrapa apud Oliveira et al. (2012); b) Alexandre Matthiensen.

Embora não seja uma recomendação unânime, Oliveira et al. (2012) indicam que a água da chuva deve passar por um sistema de filtração antes da chegada à cisterna, com a finalidade de reter sólidos em suspensão de tamanho menor, que passaram pelo descarte de sólidos grosseiros. Nos casos de captação de água da chuva a partir de telhados, onde a vazão de entrada de água no sistema é alta, são recomendados filtros rápidos, com meio filtrante de pedra britada, conforme o esquema apresentado na Figura 6. O processo de filtração pode ser composto por uma caixa única, caixas em paralelo, onde a vazão de água captada é dividida antes de passar pelo filtro, ou em série, onde a granulometria da brita deve diminuir de uma caixa para outra, como ilustrado na Figura 7.

Figura 6. Representação esquemática de um filtro rápido de pedra britada de fluxo ascendente.



Fonte: elaborado pela autora.

Figura 7. a) Filtração rápida com três filtros em série; b) filtração com pedra britada de menor granulometria para polimento final (3º filtro); c) filtração com pedra britada de granulometria maior (1º filtro).



Fonte: Jacir J. Albino apud Oliveira et al. (2012).

O reservatório de armazenamento é a parte mais onerosa de um sistema de aproveitamento de água da chuva, podendo chegar a 85% do custo total. Dessa forma, a tecnologia de construção adotada e o dimensionamento do seu volume devem ser determinados com cautela, de modo a tornar o sistema mais viável do ponto de vista econômico (THOMAS, 2001). Quando a água da chuva armazenada for utilizada para fins mais nobres, as cisternas devem ser fechadas, com mecanismos que evitem a entrada de roedores e outros animais, e feita de material que não interfira na qualidade da água, além de contar com dispositivos de inspeção, esgotamento, extravasão e ventilação. A cisterna deve proteger a água contra a incidência direta da luz solar e demais fontes de calor (ABNT, 1994; ABNT, 2019).

O volume adotado para a cisterna deve levar em conta a quantidade de água que pode ser captada a partir da área de captação existente, a eficiência do sistema e a demanda que deverá ser suprida pela água da chuva (ABNT, 2019). Se a região onde for implantada a cisterna possuir um período de vulnerabilidade hídrica definido, recomenda-se que o volume da cisterna seja suficiente para atender à demanda durante este período. Na produção animal na região do Meio-Oeste Catarinense, tratando-se a água da chuva como fonte reserva para períodos de estiagem, o volume da cisterna deve atender à demanda da produção durante o período de 15 dias, sendo este o período crítico de seca da região (OLIVEIRA et al., 2012; TAVARES, 2016).

São muitas as técnicas e materiais que podem ser adotados na construção de cisternas, como madeira, concreto armado, fibra de vidro, alvenaria, geomembrana de Polietileno de Alta Densidade (PEAD), Policloreto de Vinila (PVC), entre outros. Quanto a localização, podem

ser enterradas, semienterradas, sobre o solo ou suspensas. A escolha dependerá, principalmente, do custo dos materiais e do volume a ser armazenado. (LISBOA, 2011; OLIVEIRA et al., 2012).

As cisternas cadastradas na região de abrangência do Comitê Jacutinga são, de modo geral, semienterradas, em formato retangular, com revestimento em geomembrana PEAD/PVC e com cobertura sustentada por meio de estrutura de barras de aço galvanizado (Figura 8). O tamanho mais usual é de 500 m³, devido a adoção desse volume como base de projeto de programas de incentivo realizados na região, contudo, foram encontradas cisternas desse modelo com capacidade variando entre 150 m³ e 1.000 m³ (HOSS, 2017; WASKIEWIC et al., 2017).

Figura 8. Cisterna do tipo semienterrada em geomembrana PEAD



Fonte: acervo da autora (2019).

2.3.2 Qualidade da Água da Chuva Coletada em Telhados

A água da chuva costuma apresentar boa qualidade, pois passa por uma “purificação natural” antes da sua precipitação. Esse processo faz parte do ciclo hidrológico, através dos fenômenos de evaporação e condensação (OLIVEIRA et al., 2012). No passado acreditava-se que a água da chuva era pura e podia ser consumida sem qualquer tipo de pré-tratamento. Contudo, atualmente, principalmente em locais de maior poluição, a água coleta contém impurezas (UNEP, 2002).

Durante a precipitação as gotículas de chuva podem agregar poluentes que estejam presentes na atmosfera, modificando a sua qualidade. Ademais, ao entrar em contato com a área de captação, a água da chuva pode carrear detritos, poeiras e demais materiais que estiverem ali

depositados (ANDRADE; MARINOSKI; BECKER., 2010; OLIVEIRA et al., 2012). Dessa forma, segundo a “*World Health Organization*” (WHO), a água da chuva é relativamente livre de impurezas, mas pode ter sua qualidade deteriorada durante a sua passagem pela atmosfera, no processo de coleta, no armazenamento e na distribuição para os pontos de uso (WHO, 2008).

Entretanto, costumeiramente, essa fonte alternativa de água apresenta melhor qualidade que a das fontes superficiais, como rios, córregos, lagoas, represas ou nascentes, que são ainda mais susceptíveis aos interferentes ambientais (WHO, 2008; WRC, 2016). Além disso, no âmbito físico-químico, essas águas costumam ser mais equilibradas que as águas subterrâneas (ANZECC, 2000), apresentando níveis de qualidade comparáveis aos valores de referência de água potável (UNEP, 2002).

Contudo, em termos de coliformes totais e fecais, muitas amostras excedem os valores recomendados para água potável (UNEP, 2002). Uma das principais fontes de contaminação da água da chuva captada em telhados é a presença de matéria fecal depositada nos telhados na forma de poeira ou, ainda, de fezes, que provêm, substancialmente, de animais criados nas proximidades e aves e roedores que acessam o telhado (CHUBAKA et al., 2018; WRC, 2016). Além disso, a água captada também pode ser contaminada durante seu armazenamento, principalmente, pelas práticas culturais de higiene que precisam ser avaliadas para se chegar a estratégias de intervenção apropriadas (WRC, 2016).

Nesse contexto, pode-se afirmar que a qualidade da água dos SAAC depende diretamente das condições ambientais locais e da limpeza e manutenção dos componentes do sistema por onde ela percorre (WHO, 2008). Embora pouco possa ser feito para eliminar a presença de fontes fecais em torno de instalações rurais, a prática de uma boa criação de animais e a manutenção apropriada dos sistemas podem minimizar os níveis de contaminação (WRC, 2016). O desvio dos primeiros escoamentos e a limpeza das cisternas são, atualmente, a forma mais utilizada para o controle da qualidade da água da chuva captada (UNEP, 2002). De qualquer forma, quando essa água for utilizada para fins mais nobres, como a dessedentação animal, a mesma deve passar por um processo de desinfecção para eliminar a possível presença de patógenos (OLIVEIRA et al., 2012).

O uso da contagem coliformes fecais e *E. coli* é tradicionalmente usada para avaliar os níveis de contaminação. No entanto, principalmente em regiões de clima quente, a incidência de radiação solar sobre os telhados, que servem como área de captação para os sistemas de aproveitamento de água da chuva, superaquece a superfície, gerando uma determinada

“higienização” dos telhados, eliminando os microrganismos mais susceptíveis ao calor (CHIDAMBA; KORSTEN, 2015; WRC, 2016).

Ademais, a detecção de um grupo de bactérias muito abrangente pode ser considerada redundante na avaliação da qualidade da água da chuva armazenada, visto que um reservatório de água pode ser considerado um ecossistema aquático com uma comunidade bacteriana complexa, onde pode ser considerado aceitável o desenvolvimento de bactérias ambientais como as heterotróficas e espécies presentes no grupo coliformes totais. Entretanto, sua análise pode ser utilizada para verificar a qualidade higiênico-sanitária do tratamento da água, como por exemplo, a eficiência do processo de desinfecção. (SANTOS, 2015).

A resistência de bactérias do gênero enterococcus e a sua adaptabilidade a diferentes substratos e diferentes condições de crescimento (temperaturas baixas e altas, pH extremos e baixa umidade) as tornam mais propensas a persistir em um telhado após horas, enquanto a *E. coli*, mais sensível, provavelmente morrerá. Consequentemente, os enterococcus podem servir como um melhor indicador de poluição fecal e como patógeno de escolha na avaliação da qualidade microbiana da água da chuva captada de telhados (AHMED et al., 2010). Dessa forma, a “*Water Research Commission*” (WRC) recomenda que seja introduzido um sistema baseado na dupla prevalência de *E. coli* e enterococcus como bactérias indicadoras de condições sanitárias na água da chuva captada em telhados (WRC, 2016).

Outro ponto a ser considerado na análise da qualidade da água dos SAAC é a escolha da normativa de comparação dos parâmetros indicadores averiguados. Segundo Gouvello (2013), a comparação dessa água com os padrões de qualidade da água tratada para consumo humano são totalmente equivocadas e por vezes inviabilizam o seu consumo direto ou indireto. De forma semelhante, porém oposta no sentido qualitativo, ocorre ao classificarem a água da chuva como água residuária, restringindo o seu uso para finalidade menos nobres (SANTOS, 2015).

Nota-se que as águas utilizadas para consumo humano são avaliadas primeiramente como fonte, conforme o enquadramento previsto na resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005) que indica qual a complexidade do tratamento que deve ser dado a água; e só depois de tratada é avaliada conforme o padrão de potabilidade, previsto na Portaria de Consolidação do Ministério da Saúde nº 05/2017 (BRASIL, 2017a).

2.3.3 Manejo e Limpeza do Sistema de Aproveitamento de Água da Chuva

O manejo e a limpeza dos SAAC estão diretamente relacionados com a qualidade da água da chuva armazenada. Com a adoção de boas práticas, é possível reduzir o número de coliformes, a incidência de *E. coli*, e a concentração de outros parâmetros como sólidos dissolvidos totais e nitratos (HOSS, 2017; HOSS et al., 2018b). O estudo de Hoss (2017) apontou que, mesmo considerando apenas as ações de manejo e limpeza adotadas para com os dispositivos que compõe o sistema intermediário, em SAAC onde o manejo realizado era ruim a concentração média de coliformes totais e *E. coli* excedeu os que possuíam um manejo bom em mais de 500% e 600%, respectivamente.

As condições de limpeza das superfícies por onde a água passa durante o processo de captação e armazenamento influenciam diretamente na sua qualidade (WHO, 2018). Dessa forma, a área de captação, as calhas e condutores verticais e horizontais devem ser mantidos em bom estado de conservação e limpeza. Segundo recomendações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) na NBR 15527/2019, deve ser realizada inspeção semestral desses componentes, realizando a limpeza quando constatar-se necessário (ABNT, 2019).

A manutenção destes componentes, além de contribuir para a boa qualidade da água a ser armazenada, evita a perda de eficiência do sistema por possível extravasamento da água devido ao entupimento por acumulação de detritos (MATTHIENSEN; HOSS; WASKIEWICK, 2020). A presença de árvores muito próximas ou sobre a área de captação apresentam risco de contaminação da água por meio do excesso de deposição de matéria orgânica proveniente de folhas e galhos e pelo atrativo a pássaros e pequenos animais que podem contribuir com a contaminação fecal (MATTHIENSEN; HOSS; WASKIEWICK, 2020).

Para com os dispositivos do sistema intermediário, a NBR 15527/2019 recomenda inspeção mensal e limpeza trimestral para o dispositivo de descarte de sólidos grosseiros e o de desvio dos primeiros escoamentos (ABNT, 2019). Contudo, para o perfeito funcionamento do dispositivo de descarte dos primeiros escoamentos, o mesmo deve ser esgotado após cada evento de chuva, de forma manual ou automaticamente, para que esteja vazio e preparado para realizar o desvio da próxima precipitação (OLIVEIRA et al., 2012).

Quando realizada filtração a partir de material granular, o mesmo deve passar por lavagem com água ou troca do leito filtrante para evitar o entupimento e contaminação da água (ANDRADE; MARINOSKI; BECKER, 2010). Segundo Oliveira et al. (2012) a limpeza dos filtros deve ser feita em períodos de estiagem, sempre que houver acúmulo de detritos no dispositivo, sendo recomendado duas a três limpezas no ano, dispondo o material filtrante em

uma lona plástica e utilizando água sob pressão para a limpeza, ou, ainda, realizando a troca completa do material.

A frequência de limpeza do reservatório varia conforme a qualidade da água que entra no sistema e a integridade física e a manutenção da cisterna. Quanto maior for a entrada de sedimentos junto com a água, menor será o intervalo necessário entre as limpezas (MATTHIENSEN; HOSS; WASKIEWICK, 2020). Dessa forma, deve ser realizada uma inspeção das condições da cisterna anualmente, realizando a limpeza quando necessário (ABNT, 2019). Para otimizar a qualidade da água armazenada é recomendável que somente a água de chuva captada em telhados e coberturas seja encaminhada para a cisterna, não a misturando com uma água proveniente de outras fontes de captação (OLIVEIRA et al., 2012).

A acumulação de sedimentos na cisterna pode ser fonte de contaminação da água, alterando a qualidade da água e podendo ocasionar mal cheiro, resultando em repulsa pelos animais, com queda de rendimento zootécnico. O lodo acumulado no fundo deve ser retirado, por meio de sifão ou por bombeamento, sem a necessidade de esvaziamento da cisterna. Quando as paredes também não apresentarem boas condições, considera-se o total esvaziamento para a limpeza completa (MATTHIENSEN; HOSS; WASKIEWICK, 2020).

Devido às características construtivas e ao grande volume das cisternas utilizadas na produção animal, por volta de 500 m³, o processo de esgotamento e acesso ao interior das mesmas para a realização da limpeza torna-se trabalhoso e dispendioso. Com isso, essa etapa de manejo mostrou-se pouco realizada nas propriedades de produção animal na bacia do rio Jacutinga e bacias contíguas (HOSS, 2017). Técnicas construtivas que facilitem este processo assim como procedimentos e equipamentos para a retirada de lodo de fundo, ainda se mostram necessários (MATTHIENSEN; HOSS; WASKIEWICK, 2020).

Nota-se que muitos fatores interferem na qualidade da água dos SAAC, contudo, boas técnicas de manejo e manutenção estão sendo disseminadas e precisam ser adotadas para a redução de riscos associados. A cartilha de Manejo e Manutenção de Cisternas do Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Jacutinga e Bacias Contíguas apresenta recomendações de ações que visam a melhor qualidade da água da chuva captada e armazenada em cisternas (Quadro 1).

Quadro 1. Recomendações de ações de manejo e manutenção de sistemas de aproveitamento de água da chuva e seus potenciais riscos associados.

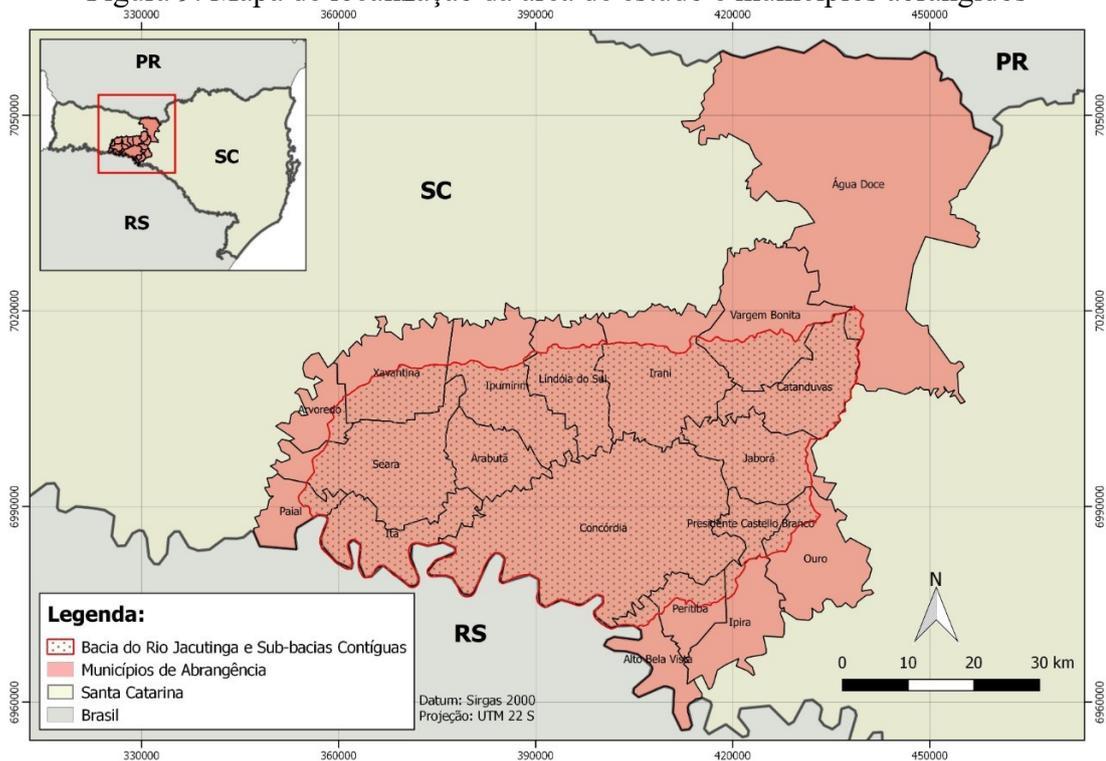
Componente	Ações de gestão e manutenção	Risco potencial associado
Telhados, calhas e condutores	Utilização de materiais não reativos;	Contaminação química da água;
	Inspeção, limpeza regular, troca de partes, conforme necessidade.	Alterações físico-químicas e microbiológica da água; Perda de eficiência do sistema por perdas de água devido à obstrução das calhas e condutores desconectados ou rachados.
Dispositivo de descarte de sólidos grosseiros	Inspeção e limpeza regular.	Perda da eficiência do sistema por perdas de água devido à obstrução das grades/telas/peneiras; Alterações físico-químicas e microbiológica da água.
Dispositivo de descarte dos primeiros escoamentos	Esvaziamento do reservatório a cada episódio de chuva;	Ineficácia do sistema e armazenamento de água de pior qualidade.
	Inspeção e limpeza regular.	Alterações físico-químicas e microbiológica da água.
Filtros	Inspeção e limpeza ou troca do meio filtrante regularmente.	Alterações físico-químicas e microbiológica da água.
Reservatório (cisterna)	Inspeção regular da integridade estrutural e do completo fechamento de todas as entradas e saídas;	Entrada de animais, mosquitos e água de drenagem superficial no tanque; Disseminação de doenças por vetores; Alterações físico-químicas e microbiológicas na água;
	Inspeção sobre a acumulação de lodo no fundo da cisterna, realizando a limpeza/retirada do lodo quando necessário.	Alterações físico-químicas e microbiológicas da água, além de odor.
Condições ambientais	Inspeccionar a presença de árvores muito próximas ou sobre a área de captação, podando os galhos quando necessário;	Acesso de pássaros e pequenos animais; Rápido entupimento de filtros e maior entrada de matéria orgânica no tanque;
	Boas práticas no tratamento de esgoto doméstico e animal, na produção animal e no uso de insumos na agricultura.	Alterações físico-químicas e microbiológicas da água.

Fonte: MATTHIENSEN, HOSS, WASKIEWICK (2020).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

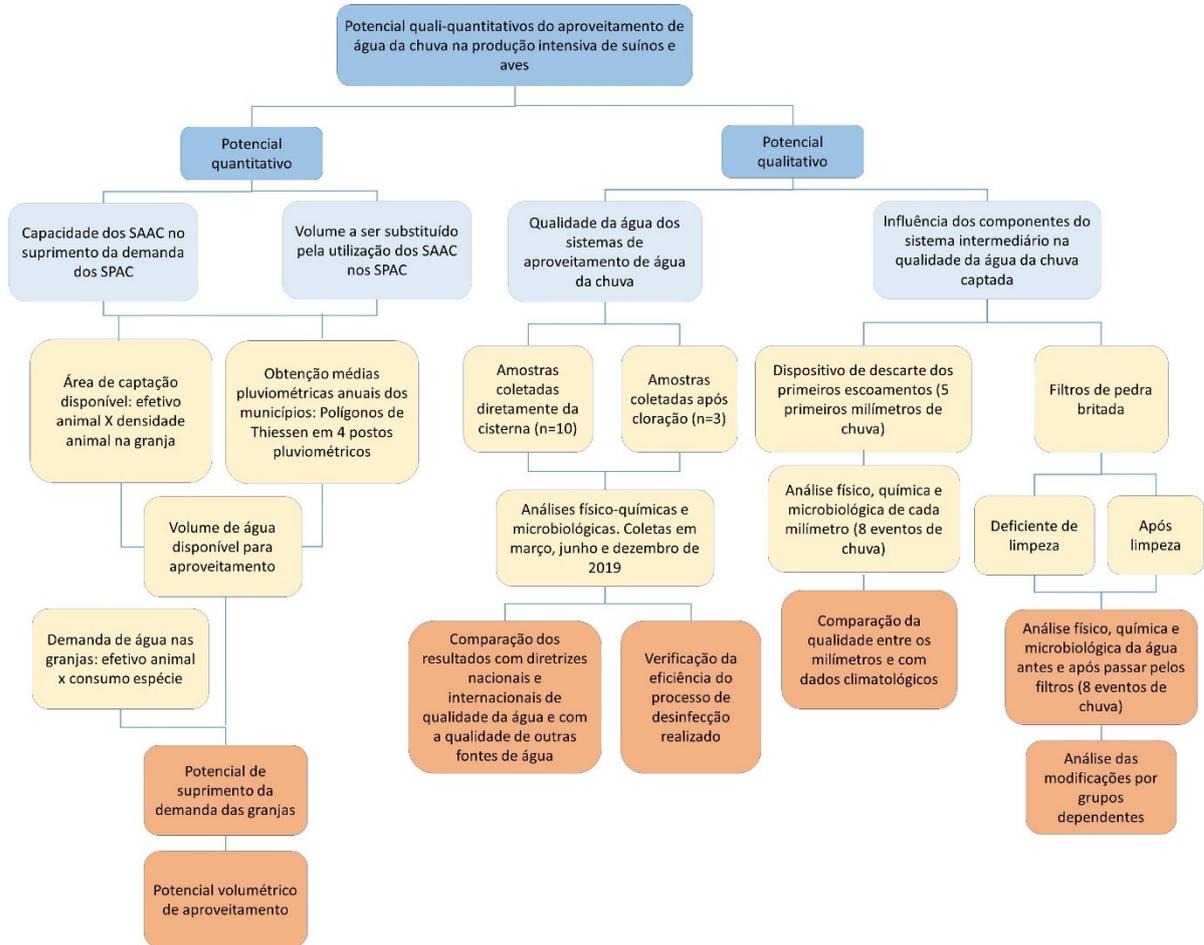
Sendo a bacia hidrográfica a unidade territorial para planejamento da gestão hídrica e sendo o Meio-Oeste Catarinense uma região de destaque nacional na produção intensiva de suínos e aves, definiu-se como área de estudo o conjunto de municípios cujo território esteja compreendido, total ou parcialmente, na região de abrangência do Comitê de Gerenciamento de Bacia Hidrográfica do Rio Jacutinga e Bacias Contíguas (Comitê Jacutinga). Não foi possível utilizar apenas a área de delimitação da bacia por terem sido utilizados dados de abrangência municipal, dessa forma, a totalidade da área dos municípios foi utilizada. A localização da área de estudo, contemplando os 19 municípios que a constitui, são apresentados na Figura 9.

Figura 9. Mapa de localização da área de estudo e municípios abrangidos



O fluxograma da Figura 10 sintetiza o desenvolvimento metodológico utilizado, partindo do objetivo geral e específicos (em azul) até os resultados que propiciaram a resposta dos mesmos (laranja).

Figura 10. Fluxograma da metodologia aplicada na pesquisa



Fonte: elaborado pela autora (2020).

3.1 POTENCIAL QUANTITATIVO DOS SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA

3.1.1 Obtenção das médias pluviométricas

Primeiramente foram selecionadas as séries históricas de precipitação mensal de todos os postos pluviométricos existentes na área de estudo e que possuíam uma série histórica de mais de 30 anos de dados. Os dados foram obtidos a partir da plataforma Hidroweb – ANA (Agência Nacional das Águas) (ANA; [s.d.]). Diante de tais critérios, foram selecionadas 4 estações pluviométricas. Todas tinham como entidade responsável a ANA. As séries históricas foram padronizadas em 42 anos (1977-2018), por se tratar do menor período de dados dentre as séries históricas das estações selecionadas. A identificação das estações pluviométricas utilizadas e suas coordenadas geográficas são apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2. Identificação das estações pluviométricas utilizadas

Código Estação	Nome Estação	Município	Latitude	Longitude	Altitude
2651001	Campina da Alegria	Vargem Bonita	-26°52'24''	-51°47'47''	1.000 m
2752005	Concordia	Concordia	-27°18'52''	-51°59'36''	600 m
2652001	Bonito	Ipumirim	-26°57'09''	-52°10'57''	600 m
2751011	Irani	Irani	-27°03'04''	-51°54'44''	1.040 m

Para a correção de falhas nos dados das séries históricas foi utilizado o método da ponderação regional. Os resultados foram espacializados pelos municípios pertencentes à bacia a partir da aplicação do método dos Polígonos de Thiessen. Ambos os métodos seguiram os procedimentos apresentados por Tucci (2007). Para os municípios que apresentaram a influência de mais de uma estação pluviométrica em seu território, a precipitação média foi obtida a partir da média aritmética ponderada, com peso relativo à área pertencente à região de influência de cada estação. Utilizou-se o *software QGIS 2.14.0* para delimitação das áreas e traçado dos Polígonos de Thiessen.

3.1.2 Cálculo do volume de água disponível para aproveitamento (Vd)

O cálculo do volume de água disponível para aproveitamento (Vd, m³/ano) foi realizado para cada um dos municípios da área de estudo, de acordo com a equação 1:

$$Vd = A*(P/1000)*(E1*E2) \quad (1)$$

Onde **A** é a área de telhado disponível para coleta, correspondente ao número de animais da categoria (m²); **P** é a precipitação anual média (mm/ano); **E1** é o coeficiente de eficiência de coleta do sistema; **E2** é o coeficiente de eficiência do sistema intermediário (descarte dos primeiros escoamentos e filtros).

Para a eficiência de coleta, que é correspondente ao material utilizado na área captação (telhado), foi adotado o coeficiente para cobertura de fibra de cimento (E1 = 0,90), pois é, atualmente, o tipo de telhado mais utilizado nas granjas (HOSS, 2017; WASKIEWICK et al., 2017). Para o coeficiente de eficiência do sistema intermediário (E2) - descarte primeiros escoamentos e filtros -, foi adotado o valor de 0,90, chegando a um valor próximo de 0,80 como produto dos dois coeficientes de eficiência, aproximando-se do indicado por Tomaz (2009).

A área de captação disponível foi estimada a partir da multiplicação do número de animais existente no município, para cada categoria produtiva, e o seu respectivo coeficiente técnico de densidade animal na granja. Os dados de rebanho efetivo por município foram obtidos a partir do Relatório Anual da Pesquisa Pecuária Municipal – PPM (IBGE, 2018), cujos dados estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Rebanho efetivo por município inserido na área de estudo

Município	Suínos		Aves	
	Total	Matrizes	Total	Galinhas
Água Doce	97.600	8.900	1.946.500	4.200
Alto Bela Vista	28.474	1.400	374.916	3.800
Arabutã	112.068	5.030	2.465.227	90.800
Arvoredo	71.325	2.247	710.378	4.500
Catanduvas	7.400	623	1.025.100	268.000
Concórdia	407.566	28.608	3.398.900	435.380
Ipira	18.407	1.586	1.014.171	5.500
Ipumirim	93.367	5.135	3.142.893	5.500
Irani	105.487	11.350	497.800	4.700
Itá	106.262	7.650	1.824.070	10.500
Jaborá	105.600	4.055	1.152.100	42.300
Lindóia do Sul	111.934	3.353	886.871	4.200
Ouro	51.150	3.508	3.320.400	11.300
Paial	21.440	95	410.140	3.700
Peritiba	23.340	1.981	228.989	4.100
Presidente Castello Branco	51.229	1.150	317.998	2.400
Seara	257.222	31.400	2.377.990	30.000
Vargem Bonita	9.817	645	1.297.450	5.650
Xavantina	188.602	25.962	735.368	70.000
Total	1.868.290	144.678	27.127.261	1.006.530

Fonte: IBGE (2018).

No efetivo de suínos foi utilizado o pressuposto de que todas as matrizes pertenciam à categoria produtiva: Unidade de Produção de Desmamados (UPD). Já o restante do efetivo foi dividido entre unidades de Creche (leitões) e Terminação (cevados), em proporção

correspondente ao período dos lotes, considerando, dessa forma, que todo o ciclo produtivo ocorreu no mesmo município: creche (lote de 42 dias) e Terminação (lote de 105 dias), sendo uma proporção de 1:2,25. No caso das aves, foram considerados os parâmetros de produção de poedeiras para as galinhas e de frango de corte para o restante do efetivo. A Tabela 5 apresenta as categorias de SPAC adotadas e seus respectivos coeficientes de densidade animal nas granjas.

Tabela 5. Coeficiente de densidade animal nas granjas para cada categoria de sistema intensivo de produção animal.

Categoria de produção	Densidade animal na granja (m²/animal)
Suínos: matrizes (UPD)	2,6 ¹
Suínos: terminação (cevados)	1,15 ¹
Suínos: creche (leitões)	0,35 ¹
Aves: Galinhas poedeiras	0,12 ²
Aves: Frango de corte	0,08 ³

¹ ABCS/SEBRAE (2016); ² Russo (2019); ³ Miele et al. (2010);

3.1.3 Cálculo da demanda de água nos sistemas de produção de animais confinados (SPAC) - suínos e aves (D)

As necessidades de água das granjas de produção animal incluem os valores diários para o consumo direto dos animais – água de dessedentação –, para as atividades de limpeza e para auxiliar no conforto térmico, com nebulizações. Os valores de referência utilizados para os cálculos de demanda hídrica, para cada categoria de SPAC, são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Consumo de água e período dos lotes para cada categoria de produção animal

Categoria de produção	Consumo de água para dessedentação (L/animal/dia)	Consumo de água para limpeza e nebulização (L/animal/dia)	Período do lote (dias)	Número de lotes por ano
Suínos: matrizes (UPD)	27,8 ¹	6,0 ⁵	+ 365	1
Suínos: terminação	8,3 ^{1,2}	0,6 ⁶	105 ^{1,2,6}	3,3
Suínos: creche	2,5 ¹	0,2 ⁷	42 ¹	7,4
Aves: Poedeiras	0,23 ⁴	0,04 ^{3*}	+ 365	1
Aves: Frango de corte	0,24 ³	0,04 ³	42 ³	6,5

¹ FATMA (2014); ² Tavares et al., (2014); ³ Viola et al. (2011); ⁴ Hy-Line (2014); ⁵ Oliveira (2002); ⁶ Tavares (2012); ⁷ Tavares (2019); * adotado como semelhante a frango de corte.

Como a produção de aves e suínos opera em ciclos/lotes, as necessidades diárias de água foram multiplicadas apenas pelo número de dias no ano em que as granjas permanecem com animais alojados – período dos lotes em um ano. O volume referente à limpeza das instalações também foi distribuído pelo mesmo período. Foram considerados sete dias de vazio sanitário em instalações suínolas e de 14 dias para as avícolas. Dessa forma, a quantidade de água necessária anualmente para cada uma das categorias de SPAC se deu pela Equação 2:

$$D = ((d1+d2)*C1*n*N)/1000 \quad (2)$$

Onde **D** é a demanda de água anual da categoria (m³/ano); **d1** é a demanda diária para dessedentação (L/animal/dia); **d2** é a demanda de água para limpeza e nebulização (L/animal/dia); **C1** é o período do lote (dias/lote); **n** é o número de lotes realizados por ano (lote/ano); **N** é o número de animais da categoria.

3.1.4 Cálculo do potencial quantitativo do aproveitamento de água da chuva nos SPAC

A estimativa do potencial dos SAAC no suprimento da demanda de água dos SPAC foi realizada para as diferentes categorias de produção – suínos e aves – em cada um dos municípios inseridos na área de estudo. Não foram considerados extravasamentos de água nas cisternas devido à dimensão das mesmas, que apresentam capacidade para armazenar a maior precipitação média mensal, com volumes que variam de 250 m³ a 1.000 m³ e uma mediana de

500 m³ (Hoss, 2017). Além disso, como as chuvas na região de estudo são bem distribuídas durante o ano, não espera-se um grande excedente em um curto espaço de tempo.

A percentagem da demanda hídrica dos SPAC que pode, potencialmente, ser suprida pelos SAAC (**r**) foi estimada de acordo com a Equação 3:

$$r = (Vd / D) * 100 \quad (3)$$

Onde **r** é a demanda de água da produção que pode ser suprida pela água da chuva (%), **Vd** é o volume de água da chuva disponível para aproveitamento (m³/ano) e **D** é a demanda de água da categoria de SPAC (m³/ano).

Dessa forma, o potencial, em termos de volume total de aproveitamento de água da chuva em SPAC se deu pelo somatório da demanda que poderia, em potencial, ser substituída pela água da chuva disponível para aproveitamento. Assim, nos casos onde o volume disponível para aproveitamento (**Vd**) foi maior que a demanda da produção (**D**), somou-se a demanda da produção (**D**); do contrário, apenas o volume disponível para captação (**Vd**) foi somado. Esse somatório foi realizado para cada município sendo que, a soma do potencial de cada município resultou no potencial total para a área de estudo.

O potencial em termos de volume total de aproveitamento também foi relacionado com a área territorial, para a bacia e para cada um dos municípios, chegando a uma estimativa do potencial de aproveitamento de água da chuva por km². Como apenas o município de Concórdia possui área urbana maior que 5 km², somente neste caso foi descontada a área urbana do município nos cálculos do potencial de aproveitamento de água da chuva por área, sendo que nos demais municípios foram consideradas suas áreas totais.

3.2 QUALIDADE ÁGUA DA CHUVA ARMAZENADA EM CISTERNAS DESTINADAS À PRODUÇÃO ANIMAL

3.2.1 Seleção dos Sistemas de Aproveitamento de Água da Chuva

Para a seleção dos SAAC, foi utilizado um cadastro realizado pelo Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Jacutinga e Bacias Contíguas no ano de 2017. Esse cadastro continha informações de 135 sistemas de aproveitamento de água da chuva instalados na região de abrangência do Comitê Jacutinga (WASKIEVICK et al., 2017), local de inserção da área de estudo da presente pesquisa. A partir desse cadastro foi possível

identificar as características construtivas mais adotadas nos sistemas, de modo a auxiliar na escolha de sistemas mais representativos para a análise. Dentre os sistemas cadastrados, foram selecionados os que possuíam os componentes com as características mais comumente encontradas, sendo elas: telhado de fibrocimento como área de captação, calhas coletoras galvanizadas e cisterna do tipo semienterrada em geomembrana PEAD/PVC. Foram descartados da seleção os casos em que a cisterna não armazenava exclusivamente a água da chuva captada nos telhados e aqueles que não possuíam o sistema intermediário completo (descarte de sólidos grosseiros, desvio dos primeiros escoamentos e filtro de pedra britada).

No total foram selecionados 10 SAAC (n=10), número previamente escolhido, limitado pelo recurso disponível para as análises de qualidade da água. Foi dada prioridade para os sistemas localizados próximos à Embrapa Suínos e Aves, em Concórdia, para uma melhor logística de coletas associada à redução de distâncias. Em setembro de 2018 foi realizada uma visita inicial às propriedades selecionadas, com o objetivo de confirmar a configuração e a operação dos sistemas de aproveitamento de água da chuva, bem como para a obtenção do consentimento dos proprietários para a execução do projeto.

3.2.2 Frequência, Pontos de Amostragem e Parâmetros Analisados

Nos SAAC selecionados (n=10) foram coletadas amostras da água da chuva armazenada nas cisternas, sem qualquer tipo de desinfecção ou filtração posterior. As amostras foram coletadas do interior das cisternas, a cerca de 15 centímetros abaixo da superfície da água, ou, em casos de difícil acesso à água, com auxílio de bombeamento, em ponto anterior à entrada da água na caixa de distribuição (onde ocorre a desinfecção). Na segunda situação, após o acionamento da bomba, foram aguardados dois minutos de escoamento para a realização da coleta. As amostras foram identificadas a partir da indicação da propriedade de localização do SAAC (de P1 até P10) e seguidas da palavra “cisterna”.

Em três (n=3) dos 10 SAAC foi possível coletar amostras da água da chuva após sofrer o processo de cloração, para a verificação da eficiência do processo. Nas demais propriedades não foi possível coletar a água da chuva clorada pois as mesmas realizavam a mistura de água de outras fontes na caixa de distribuição, onde ocorria o processo. Das amostras coletadas (n=3), todas sofreram desinfecção por processo de cloração, com a utilização de pastilhas de cloro no interior da caixa de distribuição. Nesses casos, as amostras foram coletadas do interior da caixa,

a cerca de 15 centímetros abaixo da superfície. A identificação das amostras seguiu a mesma identificação do SAAC, seguidas da palavra “cloradas”.

Também foi coletada uma amostra de água de nascente, armazenada em cisterna exclusiva para a fonte, e uma amostra de água de poço; ambas eram utilizadas na produção animal em propriedades que tiveram seu SAAC selecionado. Tais amostras foram analisadas para os mesmos parâmetros que as amostras de água da chuva das cisternas, visando a obtenção de uma base comparativa de qualidade entre as fontes utilizadas, já que alguns dos parâmetros analisados não são comumente avaliados nas águas provenientes de outras fontes.

O Quadro 3 apresenta a identificação dos SAAC selecionados e as amostras coletadas.

Quadro 3. Identificação dos sistemas de aproveitamento de água da chuva (SAAC) selecionados e das amostras coletadas.

SAAC	Identificação amostra	SAAC	Identificação amostra
P1	P1 - Cisterna	P6	P6 - Cisterna
	P1 - Clorada	P7	P7 - Cisterna
P2	P2 - Cisterna	P8	P8 - Cisterna
	P2 - Clorada	P9	P9 - Cisterna
P3	P3 - Cisterna		P9 - Clorada
P4	P4 - Cisterna	P10	P10 -Cisterna
	P4 - Nascente		
P5	P5 - Cisterna		
	P5 - Poço escavado		

Em todos os pontos de amostragem, foram realizadas três campanhas de coletas em diferentes épocas do ano: março, junho e dezembro de 2019. Para o transporte das amostras até os laboratórios, as mesmas foram acondicionadas em frascos e sacos estéreis, cedidos pelos próprios laboratórios, e mantidas resfriadas em caixa isotérmica com gelo até o momento de entrega, que ocorreu, em todos os casos, no mesmo dia da coleta.

Foram analisados parâmetros físico-químicos e microbiológicos. Alguns parâmetros foram obtidos *in loco*, a partir de um terminal multiparâmetros (Aquaread AP-2000), conforme ilustra a Figura 11. As demais análises ficaram a cargo de laboratórios que prestavam o serviço. O Quadro 4 apresenta os parâmetros analisados, os equipamentos utilizados e o local de realização da análise, além da metodologia utilizada, com indicação da seção do *Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA; AWWA; WEF, 2012), quando empregado.

Figura 11. Obtenção de parâmetros *in loco* por meio de terminal multiparâmetros

Fonte: acervo da autora (2019).

Quadro 4. Parâmetros analisados e seus respectivos métodos e local de análise

Parâmetro	Unidade	Equipamento/Método de análise	Local
Temperatura	°C	Terminal multiparâmetros Aquaread AP-2000	<i>in loco</i>
pH		Terminal multiparâmetros Aquaread AP-2000	<i>in loco</i>
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	Terminal multiparâmetros Aquaread AP-2000	<i>in loco</i>
Condutividade	µS/cm	Terminal multiparâmetros Aquaread AP-2000	<i>in loco</i>
Turbidez	UT	Turbidímetro Hach 2100p/ Nefelometria APHA 2130 B/EPA 180.1	LAFQ*
Nitrato N_NO ₃	mg/L	Espectrofotometria/APHA 4500-Nitrate	LAFQ*
Nitrito N_NO ₂	mg/L	Espectrofotometria/APHA 4500-Nitrite	LAFQ*
Cálcio	mg/L	Espectrometria de absorção atômica APHA 3111/APHA 3111 B	LAFQ*
Magnésio	mg/L	Espectrometria de absorção atômica APHA 3111/APHA 3111 B	LAFQ*
Sulfatos	mg/L	DIONEX, ICS 1500/Cromatografia de íons.	LAFQ*
Fósforo	mg/L	DIONEX, ICS 1500/Cromatografia de íons.	LAFQ*
Cloro residual livre	mg/L	HACH kit/Comparador colorimétrico	LAFQ*
Coliformes totais	NMP/100 mL	Colilert® APHA 9223 B	CEPAF**
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 mL	Colilert® APHA 9223 B	CEPAF**
Enterococcus	NMP/100 mL	Enterolert® APHA 9230 D	CEPAF**
<i>Salmonella sp.</i>	Presença/2 L	Isolamento bacteriano	Cedisa***

*Laboratório de Análises Físico-Químicas da Embrapa; **Laboratório de Análises de Águas do Centro de Pesquisa para Agricultura Familiar; ***Centro de Diagnóstico de Sanidade Animal

O parâmetro cloro residual livre foi analisado apenas nas amostras cloradas. A metodologia empregada na detecção de bactérias do gênero *Salmonella sp.*, realizada pelo laboratório Cedisa, baseou-se na pesquisa realizada por Souza, Laria e Paim (1992), tendo realizado, no entanto, a análise para 2 litros de amostra. Dessa forma, após a homogeneização, 2 litros de cada amostra foram filtrados com auxílio de uma bomba de pressão e vácuo a 1 kgf/cm² através de uma membrana filtrante estéril, com diâmetro de 50 mm e porosidade de 0,45 µm. Após a filtração, a membrana foi ressuspensa com 225 mL de água peptonada e incubada em estufa a 37 °C por 24 horas. Passado o período de pré-enriquecimento, alíquotas de 1 mL foram adicionadas a 9,9 mL de caldo tetracionato e alíquotas de 100 µL foram adicionadas a 9,9 mL de caldo Rappaport-Vassiliadis. Ambos foram incubados a 42 °C por mais 24 horas. Após a incubação, os dois preparos foram semeados em placas de XLT4 e incubados por mais 24 horas a temperatura de 37 °C. Das colônias pretas (suspeitas) foram realizadas provas bioquímicas: ágar TSI, ágar LIA, SIM, citrato, ureia, ágar fenilalanina e ONPG. Para o resultado positivos, todas as provas bioquímicas foram compatíveis. Não foi realizada sorotipagem.

3.2.3 Da Avaliação da Qualidade da Água da chuva Armazenada em Cisternas para uso na Dessedentação Animal

A qualidade da água da chuva armazenada nas cisternas foi avaliada considerando-se como finalidade mais nobre a dessedentação animal. Para tal, os resultados obtidos para os parâmetros de qualidade da água analisados foram comparados com um compilado de diretrizes nacionais e internacionais, presentes nas Tabelas 2 e 3.

A avaliação da adequabilidade da água não clorada – água bruta –, coletada diretamente das cisternas, foi baseada nas recomendações para fontes de abastecimento de água para a dessedentação animal. Já os três pontos onde as águas foram cloradas, os resultados foram avaliados segundo as recomendações para a qualidade microbiológica da água a ser diretamente servida aos animais. Também foram analisadas possíveis alterações na qualidade da água nas três campanhas de coleta (março, junho e dezembro), a partir da verificação de diferença significativa entre os grupos formados ($p < 0,05$).

A eficiência do processo de desinfecção realizado nas propriedades foi verificada a partir da comparação dos resultados de qualidade microbiológica das águas cloradas e não cloradas de um mesmo SAAC. Para os parâmetros: coliformes totais, *Escherichia coli* e

enterococcus, onde o número de bactérias pôde ser contabilizado, o cálculo da eficiência foi realizado conforme a Equação 4.

$$E = \frac{Ni - Nf}{Ni} \times 100 \quad (4)$$

Onde **E**: eficiência de remoção (%); **Ni**; número de bactérias na água não clorada (UFC/mL); **Nf**: número de microrganismos na água clorada (UFC/mL).

A determinação do cloro residual livre nas amostras cloradas possibilitou a discussão dos resultados de eficiência, permitindo identificar se a quantidade de cloro aplicada era suficiente, de modo a apresentar algum teor residual.

Os resultados de qualidade da água das duas amostras coletadas de diferentes fontes utilizadas na produção animal: nascente e poço escavado, foram utilizadas para verificar os possíveis riscos de cada fonte.

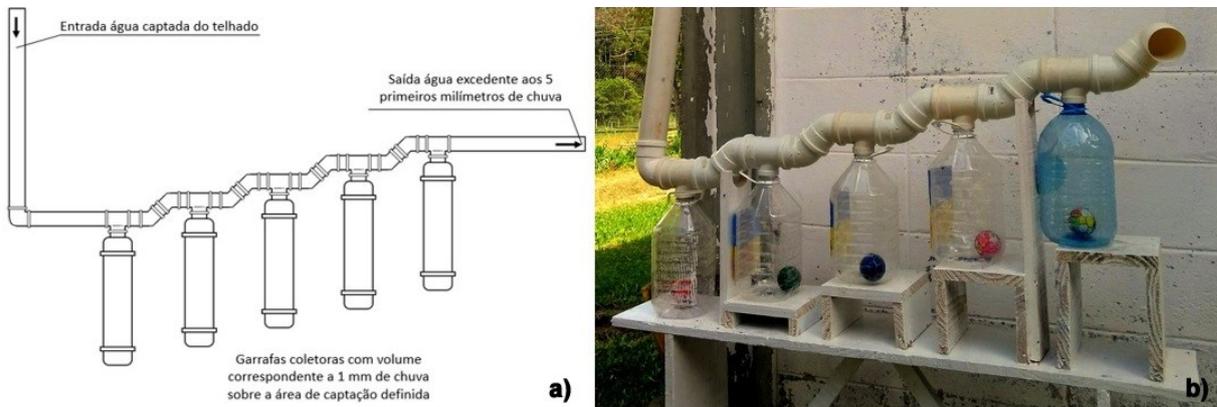
3.3 INFLUÊNCIA DO SISTEMA INTERMEDIÁRIO NA QUALIDADE DA ÁGUA DA CHUVA CAPTADA

Apesar de sua importância, o dispositivo de retirada de sólidos grosseiros não foi analisado pois a sua relação com a qualidade da água se dá, principalmente, de forma indireta, impedindo o mau funcionamento do sistema devido ao entupimento dos filtros e/ou o acúmulo de sedimentos grosseiros na cisterna. Dessa forma, foram analisados somente o dispositivo de descarte de sólidos grosseiros e os filtros de pedra britada.

3.3.1 Dispositivo de descarte dos primeiros escoamentos

Para a análise da interferência do sistema de descarte dos primeiros escoamentos na qualidade da água da chuva captada, foi montado um sistema de coleta escalonada, com capacidade de coleta e armazenamento para os cinco primeiros milímetros de chuva, separadamente. Dessa forma, pôde-se verificar as diferenças na qualidade da água em cada milímetro de chuva a ser desviado e descartado, possibilitando, assim, melhor entendimento do funcionamento do dispositivo. A Figura 12 ilustra o sistema utilizado.

Figura 12. Sistema de coleta escalonada dos primeiros cinco milímetros de água da chuva: a) desenho esquemático; b) sistema montado.



Fonte: a) Alexandre Matthiensen (2018); b) acervo da autora (2019).

O sistema foi confeccionado a partir de tubulação PVC e garrafas plásticas de 5 (cinco) litros, rosqueadas à tubulação. Os desníveis entre a primeira e a última garrafa coletora serviram para impedir que, em uma chuva de alta intensidade onde a água entra no sistema com alta pressão, a água passasse para a próxima garrafa sem ter enchido totalmente a anterior. No interior das garrafas foram colocadas bolas de resina sintética, que possibilitaram a estanqueidade da garrafa ao atingir seu enchimento completo, evitando a mistura com a água dos próximos milímetros. As bolas foram previamente testadas em imersão em água por 24 horas e não houve modificação de suas características.

O sistema de coleta e armazenamento dos primeiros milímetros foi instalado junto à unidade de produção de suínos desmamados da Embrapa Suínos e Aves, servindo o seu telhado como área de captação de água para o sistema. Essa unidade da Embrapa é localizada na área rural do município de Concórdia, assemelhando-se ao ambiente encontrado nas propriedades de produção avícola e suinícola da região.

O comprimento da calha utilizada na captação da chuva no telhado foi delimitado de modo que o primeiro milímetro de chuva correspondesse ao enchimento completo da primeira garrafa coletora (5 litros), o segundo à segunda garrafa (5 litros), e assim por diante. Dessa forma, foi instalada uma calha de 0,82 metros de comprimento no beiral do telhado, cuja dimensão foi calculada com base na ABNT NBR 10844/89 para superfície inclinada (ABNT, 1989), sendo a altura do telhado igual a 1 (um) metro e sua largura igual a 5,60 metros, resultando em uma inclinação de 18%.

No total, foram coletados e analisados os primeiros milímetros de chuva de 8 (oito) eventos de precipitação, ocorridos entre abril e dezembro de 2019. Foram analisados apenas os eventos que tiveram seu início entre a noite de domingo e a tarde de quinta-feira, de modo que as análises pudessem ser feitas no prazo de 24 horas após a ocorrência da precipitação. Os eventos que iniciaram em menos de 48 horas após a incidência de chuva anterior, foram considerados como sendo parte do mesmo evento chuvoso, e não foram coletados. Chuvas com menos de 5 milímetros também foram descartadas, já que não preencheram o sistema coletor por completo. Os eventos de chuva e os parâmetros de qualidade analisados são apresentados no Quadro 5. Os métodos analíticos e o local de análise foram os mesmos dos indicados no Quadro 4.

Quadro 5. Eventos de chuva e parâmetros analisados

Parâmetro analisado	Data evento chuvoso (2019)							
	05/abr	16/abr	26/jun	15/jul	03/out	13/nov	27/nov	05/dez
pH	x	x	x	x	x	x	x	x
Temperatura (°C)	x	x	x	x	x	x	x	x
Condutividade (µS/cm)	x	x	x	x	x	x	x	x
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	x	x	x	x	x	x	x	x
Turbidez (UT)	x	x	x	x	x	x	x	x
Cálcio (mg/L)	x	x	x	x	x	x	x	x
Magnésio (mg/L)	x	x	x	x	x	x	x	x
Nitrito_NO ₂ (mg/L)	x	x	x	x	x	x	x	x
Nitrato_NO ₃ (mg/L)	x	x	x	x	x	x	x	x
Sulfatos_SO ₄ (mg/L)	x	x	x	x	x	x	x	
Coliformes totais (UFC/mL)		x	x	x	x	x	x	x
<i>Escherichia coli</i> (UFC/mL)				x	x	x	x	x

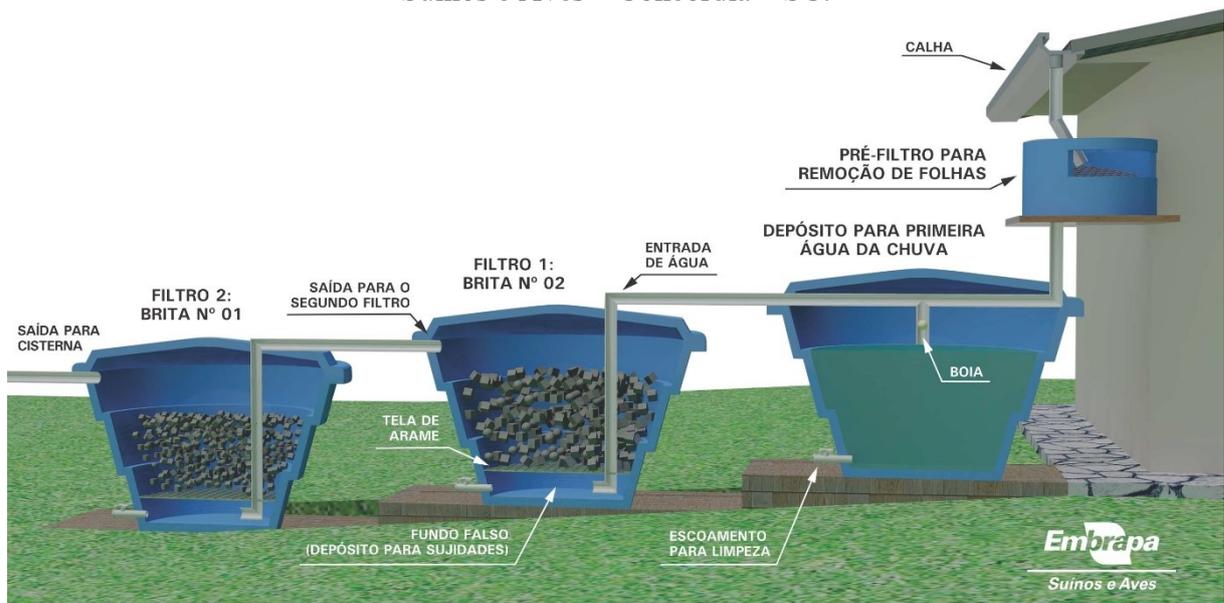
Os 5 (cinco) grupos formados a partir das amostras de cada milímetro de chuva tiveram sua qualidade analisada por meio de comparação com as normativas e recomendações de qualidade da água (Tabelas 2 e 3). Além disso, foi realizado um teste estatístico de comparação entre os cinco grupos, para cada parâmetro analisado, a fim de verificar diferenças significativas entre a qualidade dos mesmos. Os parâmetros analisados foram correlacionados entre si e também com os dados climatológicos: quantidade de dias anteriores sem chuva, intensidade da chuva (mm/h), temperatura, incidência solar, velocidade do vento e umidade relativa. Para os parâmetros climatológicos foram utilizadas as médias dos últimos 3 (três) dias, sendo este o

período mínimo entre os eventos de chuva avaliados, e das últimas 24 horas. Os dados climatológicos foram obtidos da Estação Agrometeorológica da Embrapa Suínos e Aves em Concórdia (EMBRAPA SUÍNOS E AVES, s.d.), local onde foi instalado o sistema piloto. Variações anormais observadas nos parâmetros indicadores de qualidade entre os milímetros tiveram seu comportamento analisado individualmente, com associação ao comportamento da precipitação no momento. A partir das diferenças de qualidade da água encontradas em cada grupo formado e seu enquadramento nas normativas e recomendações existentes, foi realizada uma avaliação da quantidade ideal de chuva a ser descartada.

3.3.2 Filtros de pedra britada

Para a avaliação da interferência dos filtros de pedra britada na água da chuva captada, foi utilizado um sistema de aproveitamento de água da chuva instalado nas dependências da Embrapa Suínos e Aves, em Concórdia. Trata-se de um sistema completo que utiliza o telhado do prédio administrativo da Embrapa como área de captação. O sistema intermediário é composto por dispositivo de descarte de sólidos grosseiros, caixa de desvio dos primeiros escoamentos e dois filtros de pedra britada, em sequência, sendo a granulometria do segundo filtro menor que a do primeiro. O sistema é apresentado nas Figuras 13 e 14.

Figura 13. Desenho esquemático do sistema de aproveitamento de água da chuva da Embrapa Suínos e Aves – Concórdia – SC.



Fonte: elaborado por Jefferson De Santana Jacob & Marina Schmitt (2016).

Figura 14. Sistema de aproveitamento de água da chuva da Embrapa Suínos e Aves – Concórdia - SC



Fonte: acervo da autora (2019).

Foram coletadas amostras em 3 (três) pontos do sistema: no dispositivo de descarte de sólidos grosseiros (captação direta), após a passagem pelo primeiro filtro 1 (F1) e após a passagem pelo segundo filtro 2 (F2). A água captada no ponto de captação direta – antes da passagem pelos filtros - foi coletada após o enchimento completo do reservatório de descarte dos primeiros escoamentos, a fim de avaliar a qualidade da água que, de fato, foi direcionada aos filtros e posteriormente armazenada. No total, 8 (oito) eventos de chuva foram analisados. Os eventos de chuva, assim como os parâmetros analisados, foram os mesmos que os apresentados no Quadro 5.

A avaliação se deu pela investigação de diferença significativa após a passagem da água pelos filtros, em todos os parâmetros analisados. Para avaliar diferentes situações de limpeza em que os filtros podem se encontrar, os primeiros eventos de chuva passaram pelo filtro com mais de 1 (um) ano sem qualquer tipo de limpeza do meio filtrante. Após algumas coletas, foi realizada a limpeza dos filtros, com troca de parte do meio filtrante. Os eventos de chuva seguintes, a partir da troca do meio filtrante, foram também coletados, inclusive a primeira chuva após a manutenção.

3.4 TESTES ESTATÍSTICOS

Os testes estatísticos foram realizados com auxílio dos softwares *Statistica 8.0* e *SigmaPlot 11.0*. Para os testes de comparação entre grupos independentes, como é o caso da análise das águas das cisternas em diferentes estações do ano e dos eventos de chuva captados no piloto de descarte dos primeiros escoamentos, aplicou-se o método de Kruskal – Wallis para comparação dos grupos em relação às variáveis não paramétricas e o teste ANOVA para a comparação com variáveis que apresentaram distribuição normal. O teste foi aplicado para cada um dos parâmetros indicadores de qualidade da água analisados (variáveis). A normalidade dos dados foi testada a partir do teste de Shapiro-Wilk. Nos casos onde houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os grupos formados, foram utilizados os pós-testes de Dunns's, para diferenças constatadas a partir do método de Kruskal – Wallis, e o método de Tukey, para diferenças significativas encontradas a partir da aplicação do ANOVA, a fim de diagnosticar entre quais grupos foram observadas as diferenças significativas.

No piloto do dispositivo de desvio dos primeiros escoamentos, para a verificação da correlação entre os parâmetros de qualidade da água e entre esses e os dados climatológicos, foi utilizado o método de Spearman, devido a não normalidade de algumas variáveis. Os coeficiente de correlação (r) encontrados foram classificados conforme a gradação do relacionamento por faixas, conforme o estabelecido por Shimakura (2006), onde os valores dividem –se em: até 0,19 como de correlação bem fraca; fraca de 0,2 a 0,39; moderada de 0,40 a 0,69; forte de 0,70 a 0,89; e muito forte, de 0,90 a 1,00.

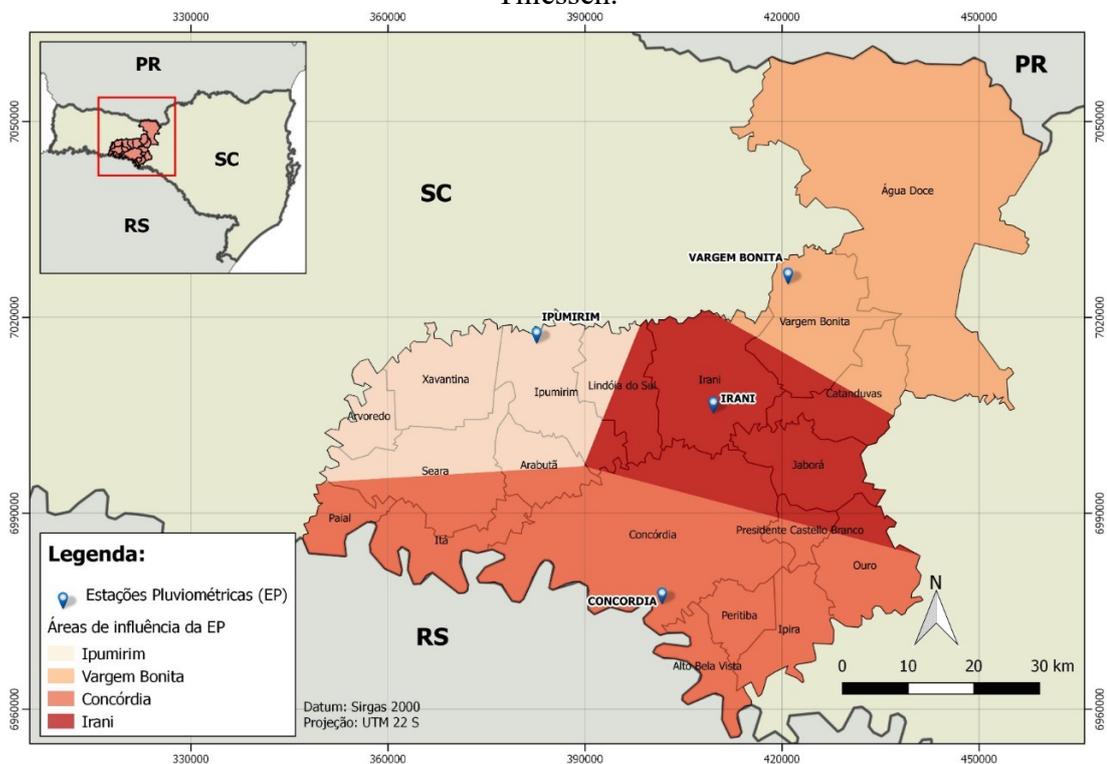
Para verificação de alterações significativas ocasionadas pela passagem da água pelos filtros de pedra britada, e uma vez que se tratam de grupos dependentes, aplicou-se o método de comparação de Friedman para as variáveis com distribuição não paramétrica e o método ANOVA de medidas repetidas para as variáveis com distribuição normal. Em ambos os testes, nos casos onde houve diferença significativa, o teste Tukey foi utilizado como pós-teste. As diferenças na qualidade da água constatadas pelo método estatístico foram ainda avaliadas por meio gráfico.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 POTENCIAL QUANTITATIVO DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA

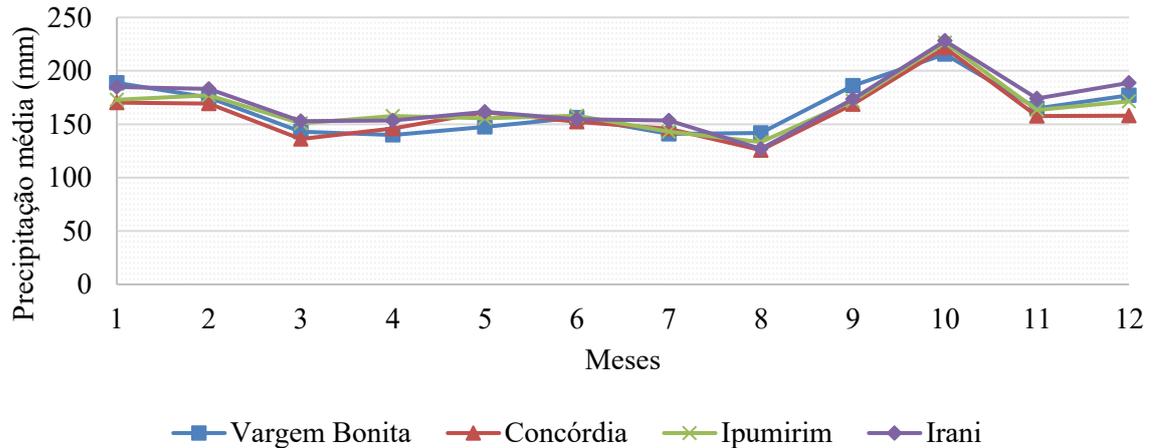
A Figura 15 ilustra a localização das estações pluviométricas utilizadas para a obtenção das precipitações médias e a delimitação de sua área de influência na bacia, a partir da aplicação do método dos Polígonos de Thiessen (TUCCI, 2007).

Figura 15. Delimitação da área de influência das estações pluviométricas - Polígonos de Thiessen.



A precipitação média obtida a partir da série histórica de cada uma das quatro estações utilizadas assim como o comportamento das chuvas durante o ano foram semelhantes, conforme apresenta a Figura 16.

Figura 16. Precipitação média mensal (1977-2018) das estações pluviométricas utilizadas



Assim como o indicado por Hoss (2017) e Waskiewick et al. (2017), a precipitação apresentou-se bem distribuída durante o ano, com médias superiores a 120 mm em todos os meses, favorável para o aproveitamento contínuo da água da chuva ao longo do ano. No entanto, entre março e agosto, onde as médias observadas foram inferiores a 160 mm, existe a necessidade de maior atenção na gestão da água da chuva captada. O mês de outubro foi aquele que apresentou a maior média de precipitação, por volta dos 220 mm. Segundo os resultados obtidos, a utilização de cisternas com grande capacidade de armazenamento da água coletada, como já vêm sendo praticado na região – (majoritariamente 500 m³) (WASKIEWICK et al., 2017), mostra-se essencial para o equilíbrio das oscilações mensais da precipitação. Com uma boa gestão da água captada, a utilização de cisternas para armazenamento pode não apenas servir como fonte de emergência em períodos de estiagem, mas também como fonte primordial e constante para o sistema produtivo.

A Tabela 7 apresenta as médias pluviométricas anuais obtidas para cada um dos municípios pertencentes a área de estudo, obtidos a partir da regionalização hidrológica realizada.

Tabela 7. Precipitação média anual (1977-2018) para os municípios inseridos na bacia hidrográfica do rio Jacutinga e bacias contíguas.

Geral			
Precipitação média anual (mm)	1.963	Desvio padrão (mm)	41
Município	Precipitação média anual (mm)	Município	Precipitação média anual (mm)
Água Doce	1.977	Jaborá	2.035
Alto Bela Vista	1.913	Lindóia do Sul	2.012
Arabutã	1.950	Ouro	1.940
Arvoredo	1.981	Paial	1.961
Catanduvras	2.008	Peritiba	1.913
Concórdia	1.936	Presidente Castello Branco	1.913
Ipira	1.913	Seara	1.951
Ipumirim	1.989	Vargem Bonita	1.987
Irani	2.033	Xavantina	1.981
Itá	1.913		

As médias anuais de precipitação dos municípios apresentaram uma variação de até 122 mm (valor médio máximo – 2.035 mm e valor médio mínimo – 1.913 mm), gerando um desvio padrão em relação a média de 46 mm. As menores médias foram encontradas nos municípios com maior influência da estação de Concórdia, próximos à divisa com o Rio Grande do Sul. Já as maiores médias apresentaram-se nos municípios de maior influência da estação pluviométrica de Irani.

Com as precipitações médias anuais de cada município, foi calculado o volume de água disponível para captação (Vd). De acordo com a Equação 3, esse volume foi comparado com a demanda da produção (D), chegando a um potencial de suprimento da demanda (r) dos SPAC pelos SAAC, para cada categoria de produção animal, em cada município. A Tabela 8 sintetiza os resultados.

Tabela 8. Potencial médio de suprimento da demanda dos sistemas de produção de animais confinados pelos sistemas de aproveitamento de água da chuva.

Tipo de produção		VOLUME captado_Vd (10 ³ m ³ /ano)	Demanda_D (10 ³ m ³ /ano)	Potencial médio de suprimento da demanda_r	Desvio Padrão
Suínos	Matrizes (UPD)	598,3	1.784,9	33,5%	± 1,0%
	Creche (leitões)	274,2	416,0	65,9%	± 1,0%
	Terminação (cevadros)	2.252,1	3.749,4	60,4%	± 1,0%
Aves	Galinhas poedeiras	192,3	99,2	100,0%	-
	Fringo de Corte	3.319,6	2.002,2	100,0%	-

De acordo com o apresentado na Tabela 8, em SPAC de suínos a demanda de água da produção (D) foi maior que o volume de água da chuva a ser captado no telhado das granjas (Vd). O percentual de suprimento da demanda (r) no setor suinícola variou consideravelmente em função da categoria produtiva, chegando a média de 65,9% nas unidades de creche (leitões). Já no sistema de matrizes (UPD), o potencial de suprimento encontrado foi o mais baixo (33,5%), o que se relaciona com o grande consumo de água dos animais nessa fase produtiva, compreendendo porcas adultas (maternidade e gestação) e leitões ainda não desmamados.

Cabe notar que os percentuais de suprimento da demanda encontrados entre os municípios da área de estudo apresentaram um desvio padrão em relação a média de apenas ± 1%, indicando que a variação da precipitação na área de estudo não acarreta grande diferença no potencial de suprimento da demanda dos SPAC por SAAC.

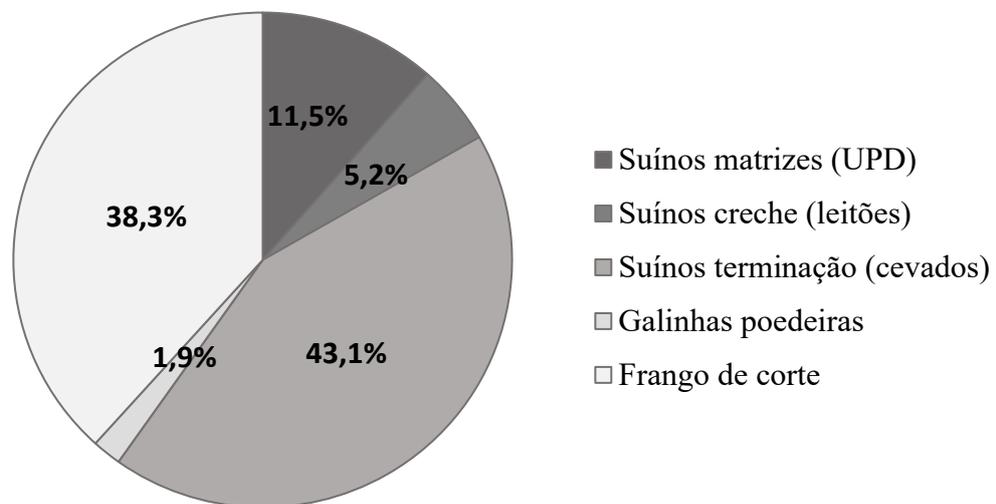
Na produção avícola os SAAC apresentaram potencial para suprir 100% da demanda da produção, podendo vir a ser a fonte exclusiva de suprimento de água. Além disso, a utilização dos SAAC nos telhados de aviários mostrou-se capaz de captar mais água que o necessário para a produção, gerando um excedente ou possibilitando a utilização de apenas uma parte do telhado da granja como área de captação.

O resultado encontrado para o suprimento da demanda na produção de frangos de corte vai ao encontro do apresentado por Proença e Schmidt (2014), no município de Medianeira-PR (médias mensais de chuva entre 90 e 275mm). O estudo indicou que o volume de chuva captado seria suficiente para suprir a necessidade de toda a produção (dessedentação animal e atividades de higienização) durante 15 dias de consumo máximo em uma granja padrão de 1.000 m² de telhado e 12.000 aves, gerando ainda um excedente. Os 15 dias estabelecidos foram referentes ao período convencional de estiagem da região, fazendo-se menção ao uso da cisterna para minimizar os problemas de falta de água nesses períodos críticos.

Uma forma de elevar o potencial de suprimento da demanda por água da chuva no setor pecuário seria a possível associação de um SAAC entre SPAC de suínos e aves, cuja produção conjunta já ocorre em muitas propriedades. Dessa forma, o excedente captado na granja avícola poderia contribuir para o suprimento da demanda da produção suinícola. Adicionalmente, o aumento do potencial na produção suinícola poderia ser obtido com a captação de água em telhados de outras instalações presentes no local, desde que viável.

O setor suinícola e o avícola mostraram-se responsáveis por 59,8% e 40,2% do volume potencial total de aproveitamento de água da chuva em potencial na área de estudo, respectivamente. A representatividade de cada categoria de SPAC no volume total relacionou-se com o efetivo animal, a demanda de água necessária e a capacidade dos SAAC no suprimento da demanda. A Figura 17 apresenta a matriz de contribuição de cada categoria de SPAC no volume potencial total de aproveitamento de água da chuva na área de estudo.

Figura 17. Contribuição das categorias de produção suinícola e avícola no volume potencial de aproveitamento de água da chuva na bacia hidrográfica do rio Jacutinga e bacias contíguas



Os SPAC de suínos em fase de terminação (cevados), apesar de terem apresentado um potencial médio de suprimento de demanda por SAAC de 60,4%, foi a categoria que mais contribuiu no potencial em termos de volume aproveitado para a bacia (43,1%). Tal fato se associa ao alto consumo de água do setor suinícola e ao grande número efetivo de animais nessa fase produtiva, que apresenta lotes longos (105 dias), e assim, um maior número de granjas necessárias (proporção de 1:2,25 vezes mais que granjas em creche).

A produção de frangos de corte, apesar de apresentar uma demanda de água menor que a do setor suinícola, foi a segunda categoria mais representativa no volume potencial total a ser aproveitado na bacia, devido ao grande efetivo animal existente nos municípios.

Destaca-se, ainda, que a contribuição de cada categoria de SPAC no potencial de aproveitamento em termos de volume variou conforme a representatividade do efetivo em cada município. As Figuras 18 e 19 apresentam o potencial de aproveitamento, em termos de volume médio anual, para o setor suinícola e avícola, respectivamente, para cada um dos municípios da bacia hidrográfica do rio Jacutinga e bacias contíguas. A Figura 20 apresenta o potencial total (somatório) dos SPAC nos municípios.

Figura 18. Potencial do aproveitamento de água da chuva na produção suinícola nos municípios da bacia do rio Jacutinga e bacias contíguas

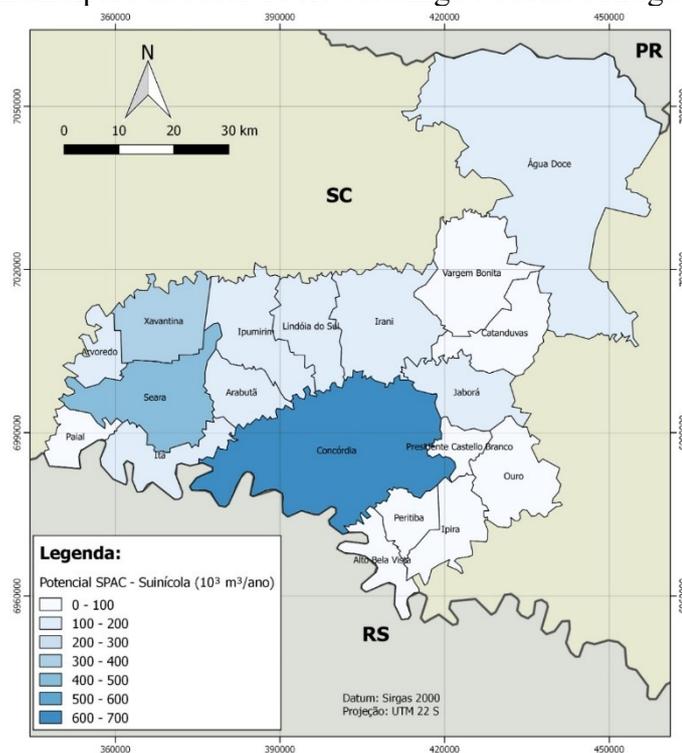


Figura 19. Potencial do aproveitamento de água da chuva na produção avícola nos municípios da bacia do rio Jacutinga e bacias contíguas

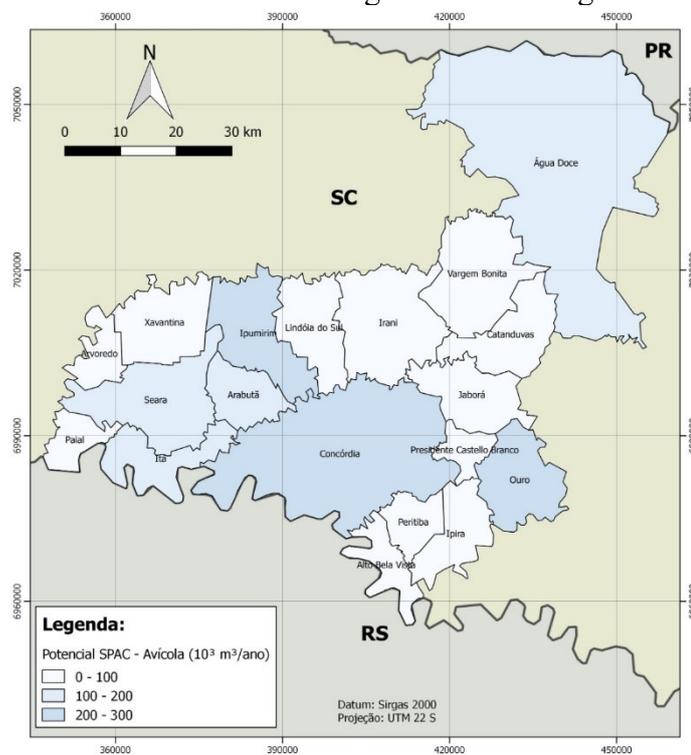
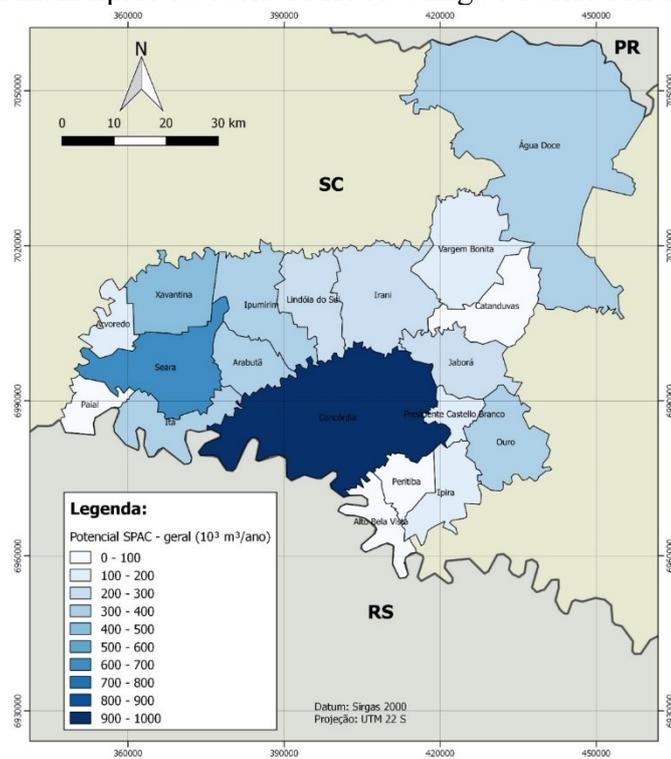


Figura 20. Somatório do aproveitamento de água da chuva na produção suinícola e avícola nos municípios da bacia do rio Jacutinga e bacias contíguas



O município que apresentou o maior potencial de aproveitamento de água da chuva em termos de volume anual médio foi Concórdia, com 934,3 mil m³ por ano (934.300 m³). Tal resultado é consequência do grande número de animais produzidos no município, que possui o maior efetivo de suínos e aves na área de estudo, conforme os dados apresentados na Tabela 4. A contribuição do aproveitamento de água de chuva na suinocultura representou 71,1% do volume potencial anual do município, sendo as unidades de terminação (cevados) o sistema produtivo de maior representatividade, com 52,3% do volume potencial total (488,2 mil m³). Resultado semelhante foi observado nos municípios de Seara e Xavantina, 2º e 3º maiores potenciais em termos de volume total, respectivamente, sendo que no município de Xavantina, a representatividade da suinocultura correspondeu a 85,8% devido ao acréscimo considerável acarretado pelo grande efetivo de matrizes reprodutoras de suínos, responsável por 26,6% do potencial.

Já nos municípios de Ipumirim, Arabutã e Ouro (4º, 5º e 6º maiores potenciais em volume total anual, respectivamente) o setor avícola apresentou maior representatividade no potencial de aproveitamento total. No município de Ouro, a produção de frangos de corte foi responsável por 75,0% do volume potencial anual de aproveitamento, sendo que o município possui o segundo maior efetivo da bacia para a categoria, perdendo apenas para Concórdia.

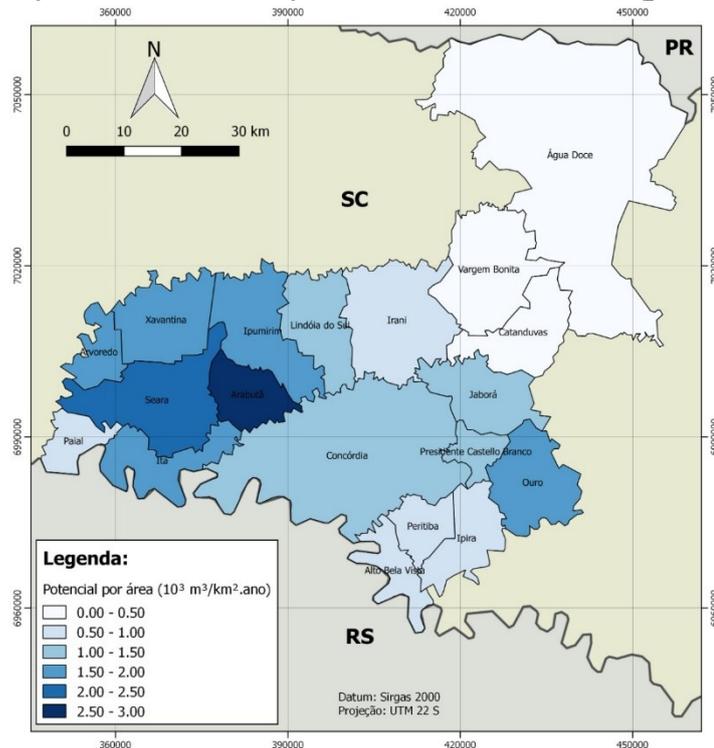
Somando o volume potencial anual de aproveitamento de todos os municípios que integram a região de abrangência do Comitê Jacutinga, em todas as categorias de SPAC, obteve-se o valor de 5,2 mil m³, o que representa uma vazão de retirada de 0,166 m³/s. Esse valor representa 64,9% da demanda hídrica necessária para atender, completamente, todos os SPAC de suínos e aves da região de estudo, cujo volume total anual calculado foi de 8,1 milhões de m³, ou uma vazão de retirada de 0,255 m³/s.

Segundo o Plano Estadual de Recursos Hídricos de Santa Catarina, para o ano de 2019, a vazão de retirada de água total da bacia do rio Jacutinga e Bacias Contíguas pertencentes a RH3 – que inclui, além do uso animal, o abastecimento urbano e rural, o uso industrial e irrigação – seria de 1,867 m³/s (SANTA CATARINA, 2017). Dessa forma, pode-se dizer que a utilização dos SAAC em SPAC possui potencial para reduzir a vazão de retirada de água da área de estudo em, pelo menos, 8,9%.

Em termos comparativos, a quantidade de água da chuva aproveitada seria o suficiente para abastecer anualmente um município com cerca de 123,4 mil habitantes, considerando um consumo médio de 116 litros por habitante por dia, sendo esse o consumo per capita médio brasileiro (IBGE; ANA, 2020).

Outro ponto considerado foi a fragilidade hídrica dos municípios devido à concentração de SPAC. O potencial médio de aproveitamento por unidade territorial na área de estudo foi de 1,0 mil m³ por km² ao ano. Contudo, o potencial por área variou consideravelmente entre os municípios abrangidos. A Figura 21 apresenta o potencial por área em cada um dos municípios.

Figura 21. Potencial do aproveitamento de água da chuva em sistemas de animais confinados de suínos e aves por área nos municípios da bacia do rio Jacutinga e bacias contíguas



O município de Arbutã, embora tenha ficado apenas em 5º lugar entre os municípios com maior potencial de aproveitamento de água da chuva, em termos de volume total, apresentou o maior potencial por unidade de área, com um valor médio de 2,76 mil m³ por km² ao ano. Esse resultado se explica pela grande concentração dos SPAC em seu território, consideravelmente pequeno em relação aos municípios vizinhos, e uma matriz produtiva equilibrada, possuindo o 4º maior efetivo animal, tanto para suínos quanto para aves (Tabela 4). A representatividade desses segmentos produtivos no potencial de aproveitamento de água da chuva no município também se mostrou equilibrada, com 48% proveniente da suinocultura e 52% da avicultura. Dessa forma, apesar de não possuir o maior efetivo animal, e conseqüentemente, os maiores volumes de água da chuva a serem captados nas instalações, a utilização dos SAAC em Arbutã podem reduzir substancialmente a pressão exercida pela atividade nos recursos hídricos locais.

O município de Concórdia, tendo apresentado o maior potencial volumétrico anual total da bacia, por consequência de possuir os maiores efetivos de suínos e aves, ficou apenas na décima posição entre os municípios analisados no potencial por área, apresentando um potencial anual de 1,22 mil m³ por km², indicando que, apesar de possuir um grande efetivo, possuir menor concentração de SPAC em território, em comparação a alguns municípios vizinhos.

Dos resultados obtidos, foi perceptível um maior potencial por área nos municípios da porção oeste da área de estudo, o que pode indicar uma maior fragilidade dos recursos hídricos da região ocasionada pelos SPAC. Por outro lado, os municípios de Vargem Bonita, Catanduvas e Água Doce, apresentaram os menores potenciais por unidade territorial. O município de Água Doce, maior em extensão da bacia, apresentou o 7º maior potencial volumétrico total, mas ficou em última posição no potencial por área territorial, indicando uma menor concentração de SPAC.

4.2 QUALIDADE ÁGUA DA CHUVA ARMAZENADA EM CISTERNAS DESTINADAS À PRODUÇÃO ANIMAL

Durante a primeira visita aos SAAC selecionados para análise das suas águas, foram feitas fotografias aéreas, que traduzem a realidade local e a dimensão dos sistemas utilizados nos SPAC. Algumas das fotografias estão presentes no Apêndice A.

4.2.1 Qualidade da Água da Chuva Armazenada em Cisterna – água bruta

A Tabela 9 apresenta os resultados das análises de qualidade da água da chuva armazenada nas cisternas, por meio de estatística descritiva básica, tendo sido excluídas as amostras de águas cloradas. Os resultados apresentados referem-se às amostragens dos meses de março, junho e dezembro de 2019, de forma conjunta.

Tabela 9. Resultados das análises da qualidade de água bruta – não cloradas – provenientes de cisternas de armazenamento de água da chuva coletada nos telhados das granjas

Parâmetro	Número de dados	Média	Desvio padrão	Mediana	Moda	Frequência da moda	Mínimo	Máximo
pH	29	7,5	0,2	7,6	Múltipla	5	7,1	7,9
Temperatura (°C)	29	21,8	4,8	22,6	Múltipla	2	11,4	30,1
Condutividade (µS/cm)	29	108,3	36,0	98,0	90,0	3	66,0	242,0
Sólidos dissolvidos totais_SDT (mg/L)	29	70,0	23,5	63,0	Múltipla	3	42,0	157,0
Turbidez (UT)	29	1,4	0,9	1,1	1,1	2	0,7	5,3
Cálcio (mg/L)	29	6,0	1,3	5,9	8,1	2	3,9	8,8
Magnésio (mg/L)	29	0,7	0,3	0,7	Múltipla	2	0,4	1,3
Nitrito_NO₂ – N (mg/L)	29	0,000	0,000	0,000	0	29	0,000	0,000
Nitrato_NO₃-N (mg/L)	29	1,235	0,623	1,085	Múltipla	2	0,000	2,734
Sulfatos_SO₄ (mg/L)	29	0,323	0,308	0,300	0,012	3	0,007	0,960
Coliformes totais (NMP/100mL)	29	2.284,8	508,6	>2.419,5*	>2.419,5*	27	204,6	>2.419,5*
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	29	252,2	469,4	48,8	2,0	3	0,0	>2.419,5*
Enterococcus (NMP/100 mL)	29	218,3	615,0	23,1	0,0	10	0,0	>2.419,5*
<i>Salmonella sp.</i> (0 negativo/1 positivo)	29	-	-	-	0	23	-	-

*limite de detecção do teste

As amostras apresentaram baixas concentrações dos analitos: cálcio, magnésio, nitrito, nitrato e sulfatos; e o pH situou-se muito próximo da neutralidade. Como o indicado em diversos estudos que avaliaram a qualidade da água da chuva captada em telhados em todo o mundo, a qualidade química dessas é compatível com a recomendação de potabilidade (HOSS, 2017; LEE et al., 2010; UNEP, 2002), sendo no Brasil estabelecida pela Portaria de Consolidação nº 05 de 2017 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017a).

Palhares (2016), avaliou, durante 18 meses, a qualidade da água de um SAAC com configuração e localização símil aos SAAC do presente estudo: sistema completo em uma granja suinícola no Oeste de Santa Catarina. Os resultados obtidos para o parâmetro pH e para a concentração de compostos nitrogenados foram também semelhantes aos obtidos nesse estudo: pH médio de 6,9 e concentração média de 1,18 mg/L e 0,02 mg/L para nitrato e nitrito, respectivamente.

Já nas análises realizadas por Hagemann (2009) e Anecchini (2005), que avaliaram a qualidade da água da chuva em condições ambientais diferentes de propriedades rurais de produção animal, a faixa de pH encontrada também se situou próxima da neutralidade, mas a concentração de nitrato foi menor, com médias entre 0,34 mg/L e 0,69 mg/L. A maior concentração de nitrato na água dos SAAC no meio rural pode estar associada a utilização de fertilizantes, ricos em compostos nitrogenados (MATTHIENSEN, OLIVEIRA; 2015). Contudo, as concentrações encontradas nesse estudo e no de Palhares (2016) ainda estão bem abaixo dos valores máximos indicados nas normativas consultadas, sendo o mais restritivo de 10 mg/L.

A concentração de sulfatos determinada assemelhou-se à obtida no estudo de Anecchini (2005) na água da chuva coletada após o descarte dos primeiros 1,5 milímetros de chuva e reservada durante 7 dias, chegando a uma concentração média de sulfatos de 0,5 mg/L. Tal estudo demonstrou que a concentração de sulfatos diminuiu durante o período de estocagem (ANNECCHINI, 2005).

Quanto aos parâmetros físicos, a temperatura variou consideravelmente em função da temperatura ambiente, com as menores temperaturas encontradas nas coletas do mês de junho – mínima de 11,4 °C – e maiores no mês de dezembro – máxima de 30,1 °C. A condutividade e os SDT apresentaram concentrações que se enquadraram em todas as recomendações constantes na Tabela 2. A condutividade mostrou-se semelhante à encontrada por Anecchini (2005) na água da chuva coletada do telhado diretamente, sem descarte dos primeiros escoamentos (média de 102,6 µS/cm). Já em comparação ao estudo de Palhares (2016), a

concentração de SDT foi maior que a encontrada pelo autor (média de 24,62 mg/L, com máxima de 84 mg/L, no mês de menor incidência de chuvas).

Para o parâmetro turbidez, apenas uma única amostra não se enquadrava em todas as recomendações, apresentando turbidez de 5,3 UT (0,3 UT acima do limite de potabilidade brasileiro - Portaria de Consolidação nº 05 de 2017 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017a)]. Tal amostra refere-se à campanha de coleta do mês de junho na propriedade de identificação P8, onde foi relatada a ocorrência de chuvas intensas, em período anterior à coleta, que fizeram com que a água de drenagem de solo entrasse na cisterna. Na ocasião foi perceptível a quantidade de barro presente nas paredes da cisterna e uma água de característica turva. Antes da coleta realizada no mês de dezembro, o proprietário informou ter realizado a limpeza da cisterna, fato que transpareceu no enquadramento da amostra do ponto P8 em todos os parâmetros físico-químicos no mês de dezembro. De qualquer forma, a turbidez encontrada nessa amostra ainda se enquadra no recomendado para águas doces superficiais de classe 3, de 100 UT, que, pela Resolução CONAMA 357/2005, podem ser utilizadas como fonte para a dessedentação animal (BRASIL, 2005).

A média para o parâmetro turbidez de 1,4 UT foi menor que a das amostras de água da chuva coletadas sem armazenamento por Anecchini (2005) – médias de 15,9 a 37,0 UT – e maior que as médias encontradas pela mesma autora nas amostras coletadas após o armazenamento das águas após 7 dias – média de 0,2 a 0,6 UT, o que pode estar relacionado com a decantação sofrida pelo material sólido existente na água dentro das cisternas, sendo função do tempo das águas dentro da cisterna e a quantidade de dias sem chuva anteriores às coletas.

No âmbito microbiológico, coliformes totais foram encontrados em todas as amostras coletadas nas cisternas (100%), sendo que em 27 delas, o que corresponde a 93,1%, o número excedeu o limite do teste ($>2.419,5$ NMP/100mL). Tal resultado, porém, não incide preocupação com a qualidade da água, já que existem bactérias desse grupo que podem estar presentes normalmente em ambientes naturais (AHMED et al., 2010; BRASIL, 2005). Além disso, esse parâmetro é utilizado como forma de avaliação da eficiência do processo de desinfecção da água (BRASIL, 2017a), ou seja, não se referindo à água bruta.

Bactérias do gênero *Escherichia coli* foram detectadas em 93,1% das amostras, de forma que apenas duas (n=2) apresentaram ausência de bactérias desse gênero (0 NMP/100mL), enquadrando-se na recomendação para consumo direto de aves, conforme o Ofício Circular Conjunto nº 1/2008 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (BRASIL,

2008b). Das amostras analisadas, 15 amostras (51,7%) apresentaram concentração menor que 50 NMP/mL, estando em conformidade com a normativa do Peru (PERU, 2015); e 18 amostras (62,1%) apresentaram concentração menor que 200 NMP/mL, sendo este o limite estabelecido para águas subterrâneas utilizadas na dessedentação animal (BRASIL, 2008a). Uma única vez o parâmetro *E. coli* excedeu o limite de detecção do teste, sendo essa amostra referente ao mês de junho do local P8, a mesma que apresentou a turbidez acima de 5,0 UT, devido à entrada de água de drenagem de solo na cisterna.

As concentrações de coliformes totais e *Escherichia coli* encontradas por Palhares (2016), apresentaram médias inferiores, mas em valores que se enquadram dentro do intervalo encontrado no presente estudo, sendo as concentrações médias e erros-padrão encontrados de 653 ± 309 e 29 ± 14 , para coliformes totais e *E. coli*, respectivamente (PALHARES, 2016). Ahmed et al. (2011), também encontraram menor incidência de *E. coli* em seu estudo, sendo que, em 24 amostras coletadas nas cisternas de SAAC domiciliares na Austrália, 63% continham bactérias desse gênero.

O estudo de Lee et al. (2010), em SAAC domésticos na cidade Sul-Coreana de Gangneung, também apresentou incidência e concentrações inferiores as encontradas nesse estudo. De 90 amostras colhidas em 1 ano, coliformes totais e *Escherichia coli* foram detectados em 91,6% e 72% das amostras, respectivamente, sendo que o primeiro teve concentração máxima inferior a 300 UFC/100 mL e o segundo menor que 100 UFC/mL.

Ainda sobre os parâmetros microbiológicos, enterococcus foram detectados em 65,5% sendo que em 14 amostras (48,3%) a concentração de enterococcus foi abaixo de 20 NMP/100 mL, valor limite estabelecido pela normativa do Peru (PERU, 2015). A presença de enterococcus foi maior que a encontrada no estudo de Chidamba; Korsten (2015), na África do Sul, que encontraram enterococcus em 26,7% dos reservatórios. Já ao comparar com o estudo de Ahmed et al. (2011), onde 92% das amostras acusou presença de enterococcus, a incidência foi menor.

Outro ponto interessante do estudo realizado por Chidamba; Korsten (2015) foi que as concentrações de enterococos, nos casos em que se mostraram presentes, foram maiores que as concentrações encontradas de *E. coli*: média de 8,6 UFC/100 e 419,6 mL UFC/100 mL para *E. coli* e enterococcus, respectivamente (CHIDAMBA; KORSTEN, 2015). Tais resultados podem indicar certa competição desses dois grupos de bactérias. No presente estudo, as concentrações de enterococcus se mostraram maiores que as de *E. coli* no mês de junho – onde a concentração

média de *E. coli* foi a menor entre as campanhas de coleta – e menores em março e dezembro, sendo que em março todas as amostras colhidas indicaram ausência desse grupo de bactérias.

A Tabela 10 sintetiza as inconformidades encontradas nas amostras em relação às recomendações presentes nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 10. Porcentagem de amostras das águas das cisternas, não cloradas, em desacordo com as recomendações de qualidade da água consultadas

Parâmetro	Brasil (2005) Classe 3	Brasil (2008a)	Brasil (2008b)	Brasil (2017a)	Peru (2015) Classe 3
Turbidez (UT)	0,0%	-	-	3,4%	-
Coliformes totais (NMP/100 mL)	-	-	-	100,0%	0%*
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	-	37,9%	93,1%	93,1%	48,3%
Enterococcus (NMP/100 mL)	-	-	-	-	51,7%

*Limite de detecção do teste menor que o limite definido na normativa.

Apesar de não elencado nas recomendações consultadas, a presença do gênero de bactérias *Salmonella sp.*, por ser um patógeno, não é recomendada. Contudo, esse grupo de bactérias foi detectado em 6 (seis) amostras, o que representa 20,7% do total coletado em cisternas antes da desinfecção. Cabe ressaltar que 2 (duas) amostras que indicaram a presença desse gênero de bactéria foram provenientes do ponto P8, nos meses de junho e dezembro, sendo estes após a entrada da água de drenagem na cisterna. Tal resultado evidencia a importância da estanqueidade da cisterna e a escolha de um local seguro para sua construção. O resultado positivo no mês de dezembro, mesmo após a limpeza realizada pelos proprietários, pode indicar uma limpeza pouco eficaz, que corrobora o fato da dificuldade em realizar esse processo de manutenção, conforme relatado por Hoss (2017). Excluindo-se as duas amostras em questão, a detecção de *Salmonella sp.* seria de 14,8% dos casos (4 de 27 amostras). Tal incidência ainda é maior que a relatada por Ahmed et al. (2010), onde 10,7% das amostras foram positivadas para *Salmonella sp.*, de um total de 214 amostras de água da chuva coletadas de telhados residenciais.

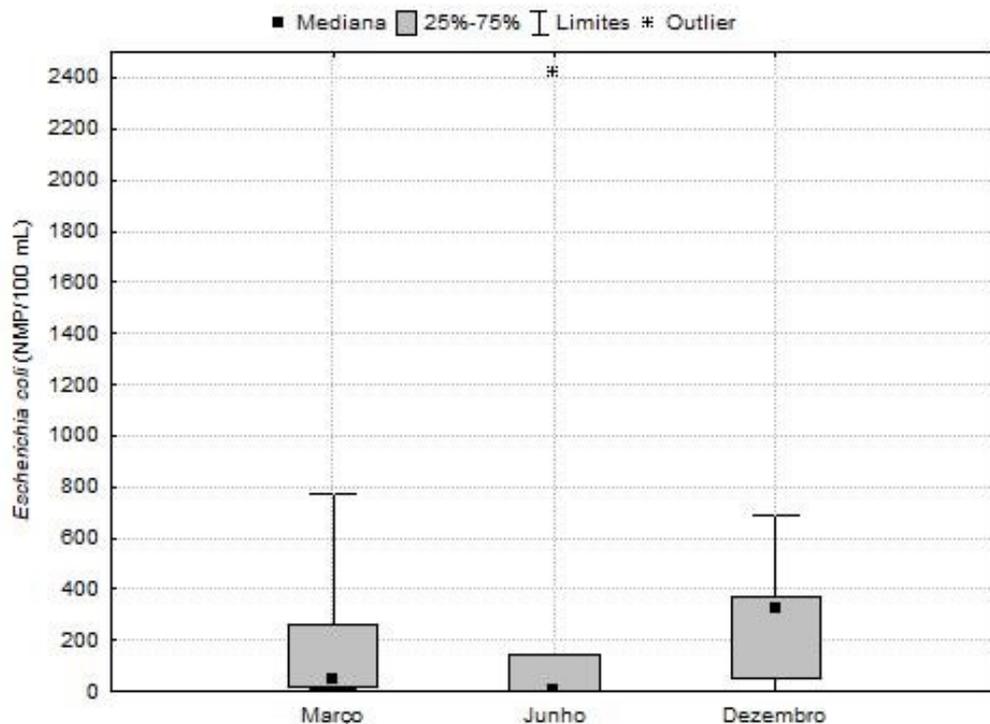
A maior incidência de *Salmonella sp.*, assim como a alta concentração de coliformes fecais e *E. coli*, pode estar associada à presença de tais microrganismos na própria criação de animais, com conseqüente transferência para o telhado e a água coletada, conforme indicado por Chubaka et al. (2018) e a “Water Research Commission” – WRC (2016), bem como a outros fatores como pássaros e outros animais que acessam os telhados.

Assim, como a ampla variação de resultados de qualidade da água encontrados nesse trabalho, diversos estudos têm apontado resultados distintos, principalmente quanto à qualidade microbiológica da água da chuva. Essa gama de resultados evidencia a vulnerabilidade dos SAAC frente às condições ambientais, como a presença de árvores próximas à área de captação e às medidas de manutenção e limpeza adotadas (AHMED et al., 2011; CHIDAMBA; KORSTEN, 2015; MATTHIENSEN; HOSS; WASKIEWICK, 2020).

Em relação às diferenças na qualidade da água da chuva armazenada entre os meses do ano, os parâmetros físico-químicos, com exceção da temperatura, que evidenciou um comportamento semelhante à temperatura ambiente, não apresentaram variação significativa entre as campanhas de coleta ($p < 0,05$). As médias de temperatura das amostras das cisternas foram de 23,4, 18,5 e 26,0 °C nos meses de março, junho e dezembro, respectivamente.

Nos parâmetros microbiológicos, houve diferença significativa no parâmetro *Escherichia coli* na coleta realizada no mês de junho, sendo este o mês mais frio, onde a temperatura média das amostras foi de 18,5°C. No mês de março a temperatura média das águas foi de 23,3°C e em dezembro de 26,6° C. A Figura 22 apresenta, na forma de diagrama de caixa, os resultados obtidos para o parâmetro *E. coli* nos três períodos de amostragem.

Figura 22. Variação da concentração de *Escherichia coli* encontrada nas amostras de água da chuva em cisternas, sem processo de desinfecção, nas três campanhas de coleta realizadas.



Nota-se que no mês de junho, com exceção do ponto P8 que, devido à entrada de água de drenagem superficial, apresentou a concentração máxima detectável para o parâmetro, classificando-se como *outlier*, as amostras apresentaram concentração inferior a 200 NMP/mL para o parâmetro *Escherichia coli*. Tal redução na coleta realizada no mês mais frio pode ser explicada pela faixa de temperatura ótima de crescimento da bactéria, entre 20°C e 40°C (COWAN, 2012). Resultado semelhante foi encontrado em diversos estudos que avaliaram a qualidade microbiológica da água da chuva, apresentando maiores concentrações de bactérias nos períodos mais quentes (AHMED et al., 2020; CHUBAKA et al., 2018; LEE et al., 2010).

Ademais, apenas as amostras do mês de junho apresentaram concentrações maiores de enterococcus do que de *E. coli*, indicando uma maior resistência do primeiro à temperatura, indo ao encontro ao que foi relatado por Ahmed et al. (2011). Enterococcus apresentou diferença significativa no mês de março, onde todas as amostras indicaram ausência do patógeno. Em junho e dezembro não houve diferença significativa no parâmetro.

Ainda sobre as diferenças encontradas nos parâmetros microbiológicos entre as campanhas de coleta, das 6 (seis) amostras que testaram positivo para *Salmonella sp.*, 4 (quatro) foram provenientes das coletas realizadas no mês de dezembro. A presença do patógeno majoritariamente no mês de dezembro pode estar relacionada, além da temperatura favorável à bactéria, à incidência de chuvas mais frequentes no período que antecedeu a coleta, fazendo com que bactérias ainda viáveis, que foram carregadas da área de captação, pudessem ser detectadas.

A detecção não constante de patógenos também foi observada por Ahmed et al. (2010), que cita ser improvável que eles estejam presentes em um reservatório o tempo todo, devido à sua inviabilização com o passar do tempo. O mesmo autor sugere que os patógenos ocorram na água da chuva armazenada em uma frequência de até 5% do tempo em locais onde as chuvas sejam menos constantes, podendo ser encontrados em frequências maiores nos locais onde as chuvas são também mais frequentes. Ainda, em 5 (cinco) das 6 (seis) amostras detectadas com *Salmonella sp.* a concentração de *Escherichia coli* foi maior que 200 NMP/100 mL, sendo que apenas 37,9% das amostras apresentaram concentração superior a essa.

A presença de bactérias também se mostrou presente nas amostras de água coletadas de uma cisterna contendo água de nascente e de um poço escavado. Assim como as amostras provenientes dos SAAC, a detecção e concentração das bactérias variou entre as amostras coletadas em diferentes períodos. A Tabela 11 apresenta os resultados obtidos nas análises dessas duas fontes, que também são utilizadas na produção animal.

Tabela 11. Resultado das análises de qualidade da água da cisterna com água de nascente e do poço escavado.

Fonte	Cisterna água nascente (n=2)		Poço escavado (n=3)	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
pH	7,2	0,0	6,9	0,2
Temperatura (°C)	22,2	7,3	25,1	3,5
Condutividade (µS/cm)	119,5	7,8	290,0	13,9
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	76,0	5,7	188,3	10,1
Turbidez (UT)	9,6	1,5	0,6	0,2
Cálcio (mg/L)	6,2	0,8	14,4	3,0
Magnésio (mg/L)	1,6	0,6	6,8	1,5
Nitrito_NO₂ – N (mg/L)	0,000	0,000	0,000	0,000
Nitrato_NO₃-N (mg/L)	1,943	0,364	3,635	0,202
Sulfatos_SO₄ (mg/L)	0,2310	0,1633	0,3147	0,2346
Coliformes totais (NMP/100mL)	2419,5	0,0	1919,9	865,3
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	26,8	32,1	5,5	7,9
<i>Enterococcus</i> (NMP/100 mL)	52,9	24,0	12,6	18,4
<i>Salmonella sp.</i> (amostras positivas)	1 em 2 amostras (50%)		0 em 3 amostras (0,0%)	

A água da nascente, armazenada em cisterna, pôde ser amostrada nas coletas de junho e dezembro, pois em março a cisterna se encontrava seca. Amostras do poço escavado foram coletadas nas três campanhas de coleta realizadas: março, junho e dezembro. Observa-se, mediante a Tabela 11, que ambas as fontes apresentaram águas com pH dentro da faixa ideal recomendada nas referências citadas na Tabela 2. Apesar de não ultrapassar os valores limites apresentados na Tabela 2, a água do poço escavado apresentou maior concentração de condutividade, sólidos dissolvidos totais, cálcio e magnésio em relação a água de nascente e também às amostras dos SAAC; o que está relacionado a dissolução das rochas que permanecem em contato com a água subterrânea. Em grandes quantidades, tais minerais podem aumentar a dureza da água, ou tornar a água salobra, diminuindo o consumo dos animais e, conseqüentemente, seu desempenho zootécnico. Além disso, a presença de grandes quantidades de minerais na água, como cálcio e magnésio, deve ser considerada na nutrição animal em sistemas de alta performance, como é o caso da suinocultura e avicultura, pois pode causar desajustes fisiológicos quando em excesso.

O nitrito, que é um indicador de contaminação recente, não foi detectado em nenhuma amostra, provavelmente pelo longo tempo de permanência das águas nas cisternas e, mais ainda,

no aquífero. Já o nitrato, que se trata de uma forma mais oxidada do composto nitrogenado, também apresentou maior concentração na água de poço, o que pode estar relacionado com o escoamento e infiltração de fertilizantes contendo nitrogênio junto do escoamento da água pluvial e efluentes de esgotos domésticos (MATTHIENSEN, OLIVEIRA, 2015).

A água de nascente apresentou turbidez acima de 5,0 UT nas duas amostras coletadas, não se adequando no limite recomendado para água potável (BRASIL, 2017a). Isso pode indicar certa vulnerabilidade desse tipo de fonte de água a sólidos suspensos. Sulfatos foram encontrados em concentrações muito baixas em todas as fontes.

No âmbito microbiológico, coliformes totais, *Escherichia coli* e enterococcus foram encontrados na água de poço e nascente, indicando que o risco biológico também existe nessas fontes, não ficando exclusivo à água dos SAAC. Contudo, a água de poço apresentou menor concentração dos parâmetros citados e foi o único que não apresentou *Salmonella sp.* em nenhuma de suas amostras. Contudo, não se deve excluir o risco de contaminação por patógenos na água de poço. Goan et al. (1992), que analisaram 105 amostras de água de poços destinadas a granjas de aves, encontraram 45 (43%) amostras positivas para coliformes fecais, e oito das amostras testadas foram positivas para *Salmonella sp.*

4.2.2 Eficiência do Processo de desinfecção

Das 3 (três) propriedades onde foi possível coletar a água da chuva armazenada na cisterna antes e depois do processo de cloração, apenas 1 (uma) apresentou eficiência de 100% na remoção de coliformes totais, *Escherichia coli* e enterococcus nas três coletas realizadas. Tais amostras referem-se à propriedade de identificação P9. Esse também foi o único dos três sistemas cujas amostras apresentaram concentração de cloro residual livre detectável em todas as campanhas de coleta (março, junho e dezembro). Contudo, ressalta-se que as concentrações de cloro residual livre se apresentaram acima de 3,4 mg/L em todos os casos, sendo esse o limite de detecção do teste utilizado. Embora não se tenha obtido a concentração precisa de cloro nas amostras, por se ter excedido o limite do teste, é importante salientar o cuidado na dosagem do produto, já que o excesso do mesmo pode causar repulsa, com diminuição do consumo de água e, conseqüentemente, comprometimento do desempenho animal, conforme o mencionado por Penz Junior (2003).

O processo de cloração realizado nas outras 2 (duas) propriedades – identificação P1 e P2 – apresentou eficiência inferior a 100% em, pelo menos, uma das coletas. A eficiência para

os parâmetros coliformes totais, *Escherichia coli* e enterococcus da propriedade P1 é apresentada na Figura 23. A Figura 24 apresenta os resultados de eficiência para a propriedade P2. A eficiência da cloração na eliminação de *Salmonella sp.* não pôde ser verificada pois nenhuma das 3 (três) propriedades em questão apresentou presença do patógeno na água, antes ou após a cloração.

Figura 23. Eficiência da cloração – propriedade P1

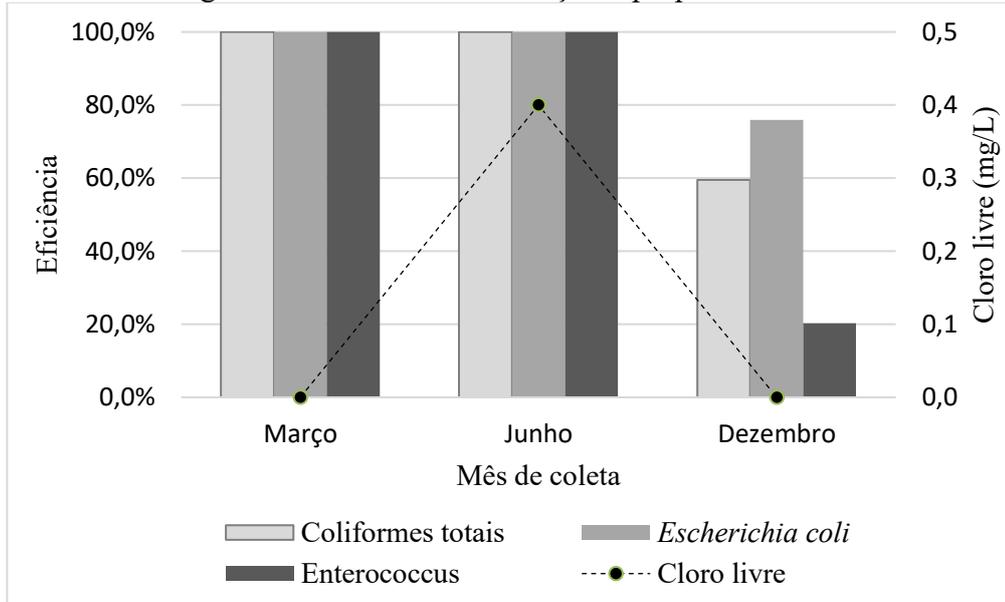
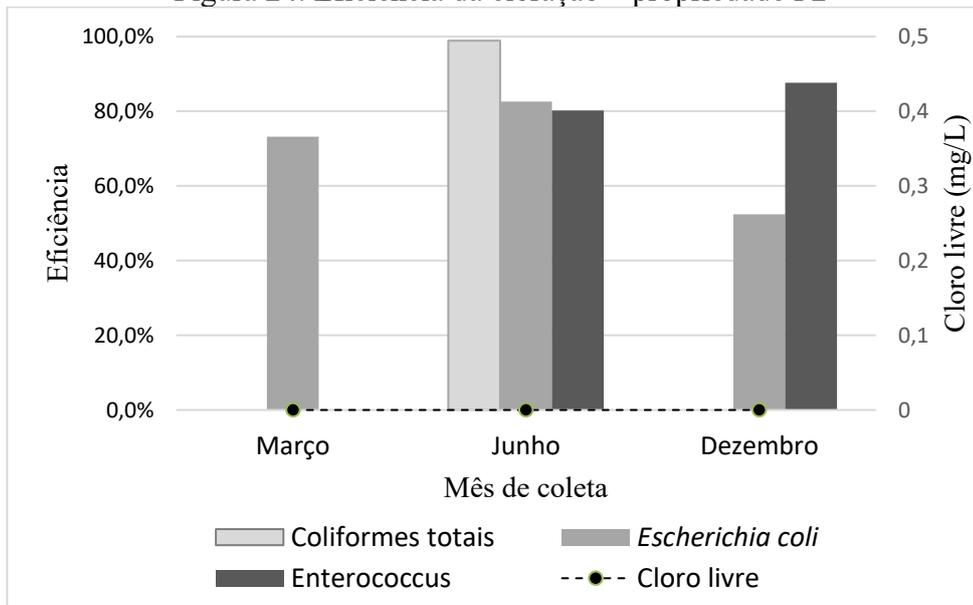


Figura 24. Eficiência da cloração – propriedade P2



Na propriedade P1 a eficiência do processo de cloração foi de 100% nas coletas de março e junho e menor que 100% na coleta do mês de dezembro (Figura 23), onde o parâmetro enterococcus apresentou a menor eficiência de remoção entre os parâmetros microbiológicos analisados (20%), indicando, novamente, uma maior resistência desse grupo de bactérias. Observa-se que no mês de março, apesar de não ter sido detectável concentração residual de cloro livre, o processo foi 100% eficiente, indicando uma cloração igual ou muito próxima à demanda de cloro existente na água.

Na propriedade P2 (Figura 24) o processo de cloração não foi capaz de eliminar totalmente as bactérias em nenhuma das amostras coletadas. Como fato relacionado, não foi detectável concentração de cloro residual livre. Tais resultados indicam que a concentração aplicada de cloro estava subestimada, sendo menor que a demanda de cloro da água. Contudo, o processo realizado apresentou certa diminuição na contagem bacteriana, que variou entre as coletas e entre os parâmetros analisados. A cloração não se mostrou mais eficiente em um grupo bacteriano específico, divergindo entre as coletas.

4.3 INTERFERÊNCIA DO SISTEMA INTERMEDIÁRIO

A presente seção apresenta os resultados alcançados a partir da aplicação da metodologia descrita na seção 3.3, com o objetivo de verificar as interferências causadas pelos dispositivos do sistema intermediário na qualidade da água da chuva captada.

4.3.1 Dispositivo de descarte dos primeiros escoamentos

Foi constatada diferença visual entre as amostras coletadas nos 5 (cinco) primeiros milímetros de chuva, apresentando melhoria gradual entre o 1º e o 5º milímetro, conforme é possível perceber na Figura 25.

Figura 25. Diferença visual das amostras do 1º ao 5º milímetro em dois eventos de chuva distintos – da esquerda para a direita.



A Tabela 12 apresenta a estatística descritiva para cada parâmetro de qualidade da água analisado para os 5 (cinco) grupos formados.

Tabela 12. Resultado das análises dos primeiros 5 milímetros de chuva captados

Parâmetro	Medida	1º mm	2º mm	3º mm	4º mm	5º mm
Temperatura amostra (°C)	Média	20,8	20,8	20,7	20,7	20,1
	Desvio padrão	5,5	5,5	5,4	5,4	5,4
	Mediana	22,2	22,4	22,3	22,0	21,6
	Mínimo	9,7	9,7	9,8	9,8	10,0
	Máximo	26,0	26,0	26,0	26,0	25,1
pH	Média	6,9	7,1	7,2	7,3	7,3
	Desvio padrão	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4
	Mediana	6,9	7,1	7,1	7,3	7,5
	Mínimo	6,5	6,6	6,9	6,9	6,6
	Máximo	7,4	7,6	7,8	7,8	7,7
Condutividade (µS/cm)	Média	298,8	156,5	120,1	100,2	101,7
	Desvio padrão	96,9	47,8	45,2	69,2	44,4
	Mediana	303,0	146,5	121,0	73,6	106,0
	Mínimo	146,0	110,6	57,0	39,0	35,0
	Máximo	432,0	254,0	183,0	251,0	149,0
Sólidos dissolvidos totais_SDT (mg/L)	Média	193,7	101,9	78,1	65,0	66,0
	Desvio padrão	63,3	30,8	30,4	44,7	28,9
	Mediana	196,5	94,5	79,2	48,1	70,0
	Mínimo	94,6	72,8	36,0	25,0	22,0
	Máximo	283,0	165,0	120,0	162,0	96,0
Turbidez (UT)	Média	11,7	5,1	3,7	4,0	2,7
	Desvio padrão	10,3	4,2	1,7	1,7	0,6
	Mediana	8,0	3,6	3,2	3,6	2,8
	Mínimo	2,1	1,4	1,7	2,2	1,6
	Máximo	30,0	14,6	6,1	7,7	3,5

Tabela 12. Resultado das análises dos primeiros 5 milímetros de chuva captados - continuação

Parâmetro	Medida	1° mm	2° mm	3° mm	4° mm	5° mm
Cálcio (mg/L)	Média	17,3	8,5	6,1	5,2	4,5
	Desvio padrão	5,7	3,4	3,5	4,6	3,1
	Mediana	16,9	7,4	5,4	4,8	4,7
	Mínimo	9,9	4,4	2,2	1,3	1,0
	Máximo	25,3	15,2	11,8	15,7	9,5
Magnésio (mg/L)	Média	1,5	0,7	0,5	0,4	0,3
	Desvio padrão	0,5	0,3	0,3	0,4	0,2
	Mediana	1,5	0,6	0,5	0,4	0,3
	Mínimo	0,8	0,4	0,2	0,1	0,0
	Máximo	2,0	1,2	1,0	1,3	0,8
Nitrito_NO2 (mg/L)	Média	0,217	0,138	0,122	0,050	0,026
	Desvio padrão	0,192	0,185	0,162	0,079	0,053
	Mediana	0,280	0,037	0,024	0,000	0,000
	Mínimo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Máximo	0,408	0,440	0,373	0,215	0,141
Nitrato_NO3 (mg/L)	Média	1,370	0,691	0,579	0,355	0,518
	Desvio padrão	1,366	0,332	0,296	0,095	0,564
	Mediana	1,154	0,678	0,539	0,394	0,315
	Mínimo	0,000	0,210	0,189	0,210	0,163
	Máximo	3,675	1,250	1,186	0,455	1,750
Sulfatos_SO4 (mg/L)	Média	1,0100	0,5229	0,4929	0,4657	0,4167
	Desvio padrão	0,9179	0,5148	0,6652	0,7932	0,7016
	Mediana	0,8600	0,3900	0,2800	0,2100	0,1800
	Mínimo	0,0000	0,1200	0,0900	0,1000	0,0000
	Máximo	2,7800	1,6500	1,9900	2,2600	1,8400
Coliformes totais (NMP/100mL)	Média	2152,4	2004,6	2084,8	2144,7	2013,1
	Desvio padrão	654,5	927,9	820,2	673,4	908,9
	Mediana	2419,6	2419,6	2419,6	2419,6	2419,6
	Mínimo	816,4	344,8	410,6	770,1	387,3
	Máximo	2419,6	2419,6	2419,6	2419,6	2419,6
Escherichia coli (NMP/100mL)	Média	1066,2	231,1	927,3	948,3	390,2
	Desvio padrão	1101,0	238,4	1181,0	1082,1	500,8
	Mediana	757,6	117,5	346,5	619,3	42,6
	Mínimo	12,2	18,7	14,5	14,5	7,4
	Máximo	2419,6	613,1	2419,6	2419,6	1046,2

De maneira geral, a concentração dos parâmetros analisados mostrou-se superior em comparação aos mesmos parâmetros das amostras coletadas nas cisternas das propriedades rurais. Tal fato se explica pela existência do dispositivo de descarte dos primeiros escoamentos nos SAAC, propiciando uma água de melhor qualidade para o armazenamento. Observa-se que as águas amostradas nesse experimento seriam desviadas pelo dispositivo correspondente do sistema intermediário. Contudo, apesar de apresentarem maiores concentrações em todos os

parâmetros, os que excederam as recomendações apresentadas nas Tabelas 2 e 3 foram: turbidez, coliformes totais e *Escherichia coli*.

A partir da aplicação dos métodos estatísticos de comparação, os parâmetros que apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) entre os grupos formados por cada milímetro de chuva captado foram: condutividade, sólidos dissolvidos totais (SDT), Cálcio, Magnésio e Turbidez. As figuras 26, 27 e 28 apresentam os resultados encontrados para cada milímetro de chuva em diagrama de caixa – box plot – para melhor análise dos resultados. Como condutividade e SDT, assim como cálcio e magnésio, possuem forte relação, somente um deles é apresentado em gráfico, sendo que as duplas apresentaram distribuição semelhante.

Figura 26. Comportamento da condutividade nos cinco primeiros milímetros de chuva captados no telhado de uma instalação suinícola.

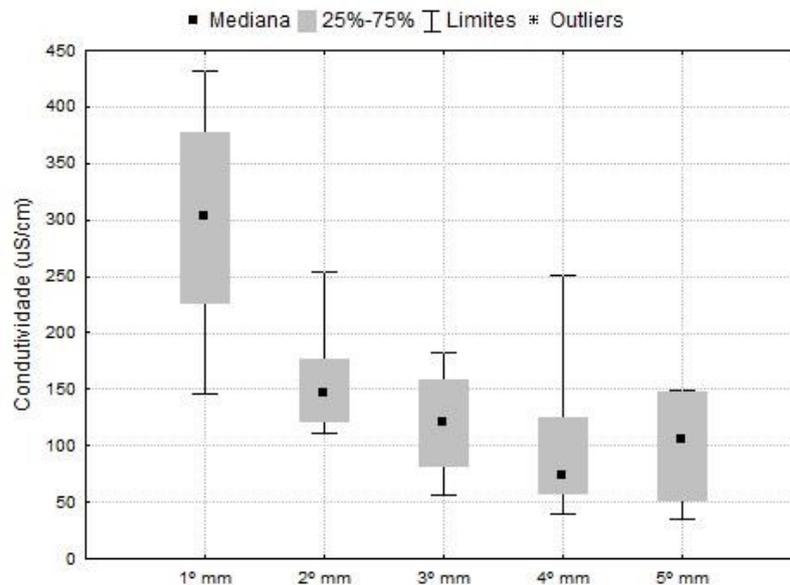


Figura 27. Comportamento da concentração do íon cálcio nos cinco primeiros milímetros de chuva captados no telhado de uma instalação suinícola.

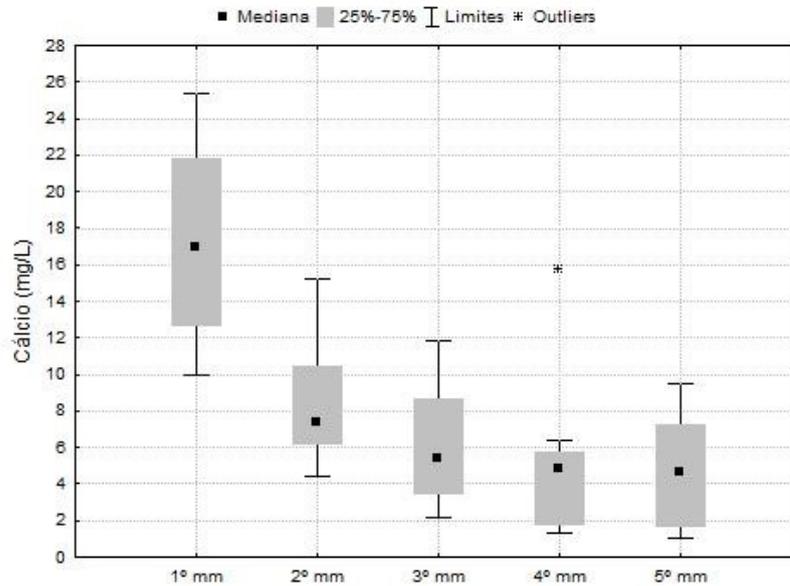
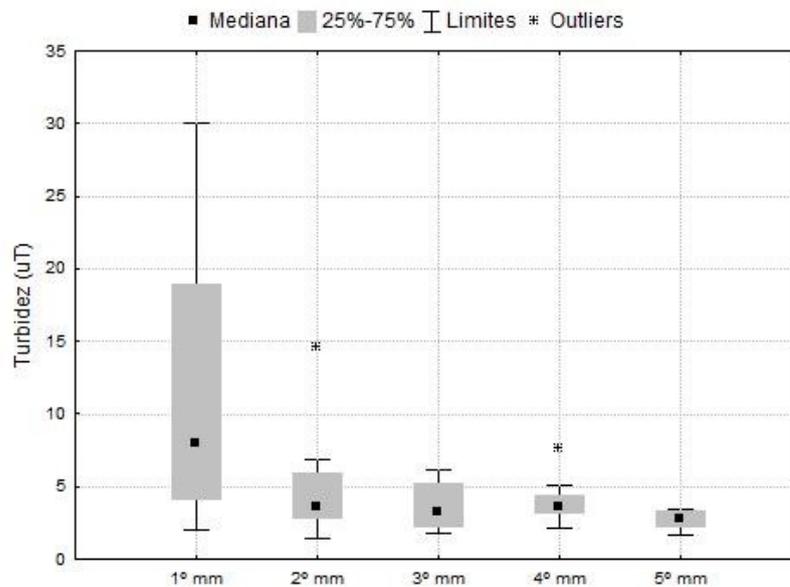


Figura 28. Comportamento da turbidez nos cinco primeiros milímetros de chuva captados no telhado de uma instalação suinícola.



Os parâmetros condutividade, SDT, cálcio e magnésio apresentaram diferença significativa entre o 1º e os demais grupos (2º, 3º, 4º e 5º mm), indicando que a eliminação de 1 (um) milímetro traria diferença na qualidade da água a ser direcionada para a cisterna. Já o parâmetro Turbidez apresentou diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) apenas quando comparado entre o 1º e o 5º grupo. Contudo, como pode-se observar na Figura 28, os maiores valores de turbidez ocorreram no primeiro milímetro de chuva.

Resultado semelhante foi obtido na pesquisa realizada na cidade de Vitória – ES que avaliou a qualidade de três volumes de primeira chuva a serem descartados, sendo eles 0,5mm, 1,0mm e 1,5 mm, e verificou-se uma redução considerável no teor de SDT a partir da eliminação de 1,0 mm de primeira chuva (ANNECCHINI, 2005; PROSAB, 2006).

No experimento realizado por Hagemann (2009) no campus da Universidade Federal de Santa Maria - RS, em um sistema piloto composto por 5 caixas em série com capacidade para armazenamento individual de 1 (um) milímetro de chuva sobre a área de captação, a condutividade também foi um dos parâmetros com maior variação ao longo da precipitação, apresentando valores elevados na primeira amostra e decrescendo nas seguintes. Os valores de condutividade da água coletada após a passagem pelo telhado variaram de 29 a 160 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sendo, assim, menores do que os obtidos nesse trabalho. Já a turbidez das amostras apresentou-se superior às encontradas nesse estudo, oscilando entre 7 e 89 uT no primeiro milímetro e de 1 a 59 uT nos milímetros seguintes. Sulfatos também se apresentaram em maiores concentrações, variando entre 0,28 e 6,17 mg/L (HAGEMANN, 2009).

Para com o parâmetro microbiológico *Escherichia coli*, tanto Anecchini (2005) quanto Hagemann (2009) não relataram redução significativa na concentração de bactérias desse grupo entre os milímetros captados, assim como o observado nesse estudo. Ainda, ambos os estudos supracitados apresentaram concentrações inferiores de *E. coli* em suas amostras: Anecchini (2005) apresentou concentração média na ordem de $1,0\text{E}+01$ nos milímetros analisados, assim como ocorreu no estudo de Hagemann (2009), onde a maioria dos resultados apresentaram concentrações abaixo de $3,1\text{E}+01$ NMP/100 mL, e variaram entre 0,0 e $1,78\text{E}+03$ NMP/100 mL. Esse número reduzido para o parâmetro, em relação ao presente estudo, pode ser explicado pela não existência de uma fonte de contaminação fecal fixa próxima aos sistemas piloto instalado, ao contrário do que ocorreu no piloto utilizado nesse estudo, onde a água da chuva foi coletada do telhado de uma granja suinícola, podendo ser essa a principal fonte de contaminação.

Sobre a correlação entre os parâmetros de qualidade da água da chuva analisados, a partir da aplicação do método de Spearman, como já esperado, por se referirem a presença de íons e materiais solubilizados em água, foi constatada forte correlação ($>0,9$) entre condutividade, sólidos dissolvidos totais, cálcio e magnésio, e de menor intensidade (entre 0,3 e 0,5) entre turbidez, nitrato e nitrito. O parâmetro sulfato não apresentou correlação significativa ($p < 0,05$) com nenhum outro parâmetro analisado.

Para com os parâmetros microbiológicos, coliformes totais apresentaram correlação significativa moderada positiva (0,45) com *Escherichia coli*. e negativa moderada com o parâmetro pH (-0,63) e com o nitrito (-0,45). Também apresentou correlação baixa positiva com a temperatura da amostra (0,37). Por sua vez, o parâmetro *Escherichia coli*, apresentou correlação apenas com o parâmetro coliformes totais e positiva moderada com a temperatura da amostra (0,68).

A relação entre os parâmetros microbiológicos já era esperada devido ao fato de que o gênero *Escherichia coli* faz parte do grupo dos coliformes totais. Já a relação desses parâmetros com o pH e a temperatura é explicada por se tratar de fatores que afetam diretamente o crescimento dos microrganismos, assim como o relatado por Lee et al. (2011). A temperatura ótima de crescimento dos microrganismos analisados é mais próxima às temperaturas mais altas registradas durante os dias de coletas, sendo assim, nos dias mais quentes foram registradas concentrações maiores de tais indicadores e, com isso, uma correlação positiva. No caso do pH, as poucas amostras com pH fora da faixa ideal para o crescimento bacteriano (de 6,5 a 7,5), encontraram-se um pouco acima (até 7,8), o que pode justificar a correlação negativa (quanto mais alto o pH, menor a concentração de coliformes totais).

Já a relação inversa encontrada entre coliformes totais e o parâmetro nitrito pode ter relação com a ação bacteriostática de compostos derivados do nitrito que exercem proteção contra o crescimento de diferentes bactérias, inclusive patogênicas, e que, por este motivo, vêm sendo usado na cura de alimentos, como a carne (CAMMACK et al., 1999). Contudo, as pequenas concentrações de nitrito encontradas podem levar a um resultado equivocado.

Conforme descrito na metodologia, os parâmetros de qualidade analisados também foram correlacionados com a intensidade da chuva e os parâmetros climatológicos médios dos últimos 3 (três) dias e também das últimas 24 horas precedentes ao evento de chuva. Tais dados são apresentados nas Tabelas 13 e 14.

Tabela 13. Intensidade da chuva nos eventos analisados

Intensidade chuva (mm/h)	1° mm	2° mm	3° mm	4° mm	5° mm
Média	1,8	3,1	3,9	5,3	5,9
Desvio padrão	1,4	2,7	2,4	2,0	2,8
Mediana	1,6	2,7	3,8	5,3	6,1
Mínimo	0,3	0,2	1,5	2,3	2,0
Máximo	4,6	8,9	8,9	8,9	9,8

Tabela 14. Dados climatológicos precedentes aos eventos de chuva analisados

Data evento chuvoso	Dias anteriores sem chuva (dias)	Temperatura média (°C)		Vento médio (km/h)		Incidência solar média (h/dia)		Umidade relativa média (%)	
		3 dias	24 horas	3 dias	24 horas	3 dias	24 horas	3 dias	24 horas
		05/04/2019	15	26,4	24,7	1,0	0,2	3:40	2:30
16/04/2019	7	25,7	26,9	0,5	2,0	7:40	9:20	57,0	70,0
26/06/2019	25	20,3	22,4	0,8	1,0	7:06	8:40	60,3	56,5
15/07/2019	10	17,0	20,1	1,2	1,0	4:13	4:40	83,0	77,0
03/10/2019	12	28,6	29,2	2,2	1,5	7:43	2:00	39,7	58,0
14/11/2019	3	24,8	23,8	1,7	1,5	5:30	0:00	65,7	70,0
27/11/2019	10	24,1	23,7	1,3	1,3	7:46	5:20	55,7	68,7
05/12/2019	5	25,6	24,4	1,0	0,5	6:06	0:10	59,7	84,5

A Tabela 15 apresenta os coeficientes de correlação obtidos entre os parâmetros indicadores de qualidade da água e os parâmetros climatológicos nos casos onde houve correlação significativa ($p < 0,05$), a partir da aplicação do método de correlação de Spearman.

Tabela 15. Correlações significativas entre os parâmetros de qualidade da água e os parâmetros climatológicos e intensidade da chuva.

Parâmetro climatológico	Parâmetro correlacionado	Coefficiente de correlação	Intensidade da correlação
Intensidade da chuva	Condutividade	-0,53	Moderada
	Sólidos dissolvidos totais	-0,52	Moderada
	Turbidez	-0,36	Fraca
	Cálcio	-0,50	Moderada
	Magnésio	-0,49	Moderada
	Nitrito	-0,47	Moderada
	Nitrato	-0,45	Moderada
	Coliformes totais	0,44	Moderada
Dias anteriores sem chuva	Turbidez	0,43	Moderada
	Nitrito	-0,54	Moderada
	<i>Escherichia coli</i>	-0,56	Moderada
Temperatura média últimos 3 dias	Nitrito	-0,37	Fraca
	Coliformes totais	0,67	Moderada
Temperatura média últimas 24 horas	Fósforo	0,36	Fraca
	Coliformes totais	0,67	Moderada
Velocidade ventos últimos 3 dias	Condutividade	-0,32	Fraca
	Sólidos dissolvidos totais	-0,32	Fraca
	Cálcio	-0,39	Fraca
	Magnésio	-0,37	Fraca
	Sulfato	0,39	Fraca
Incidência solar média últimos 3 dias	pH	-0,45	Moderada
	Coliformes totais	0,67	Moderada
Incidência solar média últimas 24 horas	Condutividade	0,34	Fraca
	Sólidos dissolvidos totais	0,34	Fraca
	<i>Escherichia coli</i>	-0,41	Moderada
Umidade relativa média últimos 3 dias	Nitrito	0,57	Moderada
	Nitrato	0,42	Moderada
	Coliformes totais	-0,67	Moderada
Umidade relativa média últimas 24 horas	pH	0,55	Moderada
	Nitrito	0,33	Fraca
	Coliformes totais	-0,44	Moderada

Ao analisar a influência dos parâmetros climatológicos na qualidade da água de todas as mostras coletadas (contendo os cinco milímetros), obteve-se correlações fracas ou moderadas, sendo as mais fortes referentes à relação entre coliformes totais e os parâmetros

climatológicos de temperatura (tanto dos últimos 3 dias quanto das últimas 24 horas), incidência solar média dos últimos 3 dias e umidade relativa média dos últimos 3 dias – apresentando coeficiente de correlação de +/- 0,67. Os três parâmetros climáticos, por sua vez, se relacionam entre si na região de estudo, sendo que os dias mais quentes são também mais secos, dessa forma: maior a temperatura e a incidência solar e menor a umidade do ar. Essa correlação, como já citada anteriormente, é fundamentada pela temperatura ótima de desenvolvimento das bactérias, que é mais próxima da dos dias mais quentes registrados, na casa dos 30 °C.

A velocidades dos ventos, apesar de ter resultado em correlações significativas em diversos parâmetros, apresentou correlações fracas. Já a intensidade da chuva mostrou-se um fator correlacionado a muitos parâmetros de forma moderada. Porém, contrariando o esperado, as correlações apresentaram-se negativas, com exceção da correlação com o parâmetro coliformes totais. Esperava-se uma correlação positiva da intensidade para com os parâmetros relacionados a sólidos, dissolvidos ou suspensos, já que uma maior intensidade da chuva resultaria em maior poder de carreamento dos materiais depositados sobre os telhados.

Contudo, assim como o observado no experimento de Hagemann (2009), e com base no apresentado na Tabela 13, os eventos de chuva apresentaram intensidades mais baixas no início da precipitação, que é quando a maior parte dos sólidos presentes no telhado e atmosfera são “varridos”. Dessa forma, o aumento da intensidade nos milímetros subsequentes não resultou, necessariamente, em concentrações maiores de sólidos, sejam eles dissolvidos ou suspensos, pois a maior carga já havia sido removida. Dessa forma, a menor intensidade da chuva no primeiro milímetro, onde são registradas as maiores concentrações para os parâmetros turbidez, sólidos totais dissolvidos e condutividade, entre outros, fez com que a correlação resultasse negativa.

Outrossim, em muitos casos foram observados aumentos nas concentrações dos parâmetros analisados com o aumento da intensidade da precipitação, conforme apresentam as figuras 28 e 29, a seguir. O fato dos dados de intensidade terem sido obtidos apenas na fração de tempo horária atrasa, em alguns casos, a resposta na concentração dos parâmetros.

Figura 29. Relação entre os parâmetros de qualidade de água e a intensidade da precipitação para o evento de 03/10/2019.

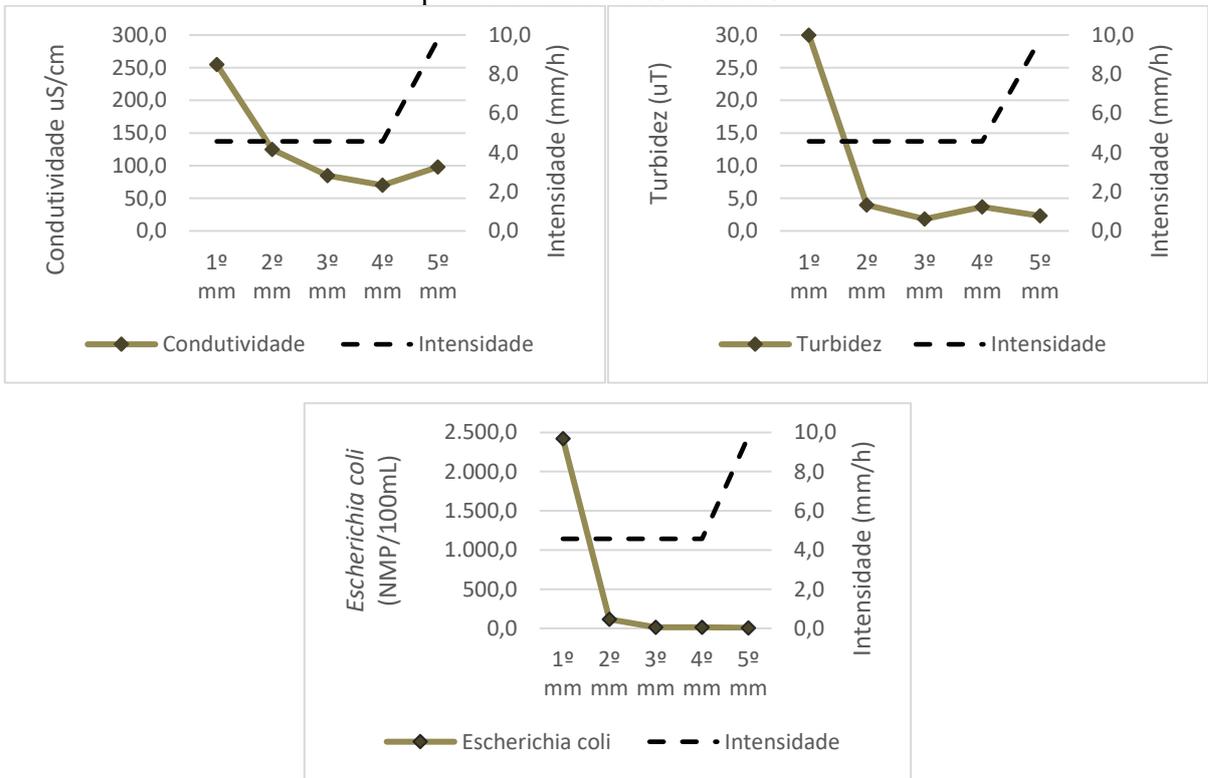
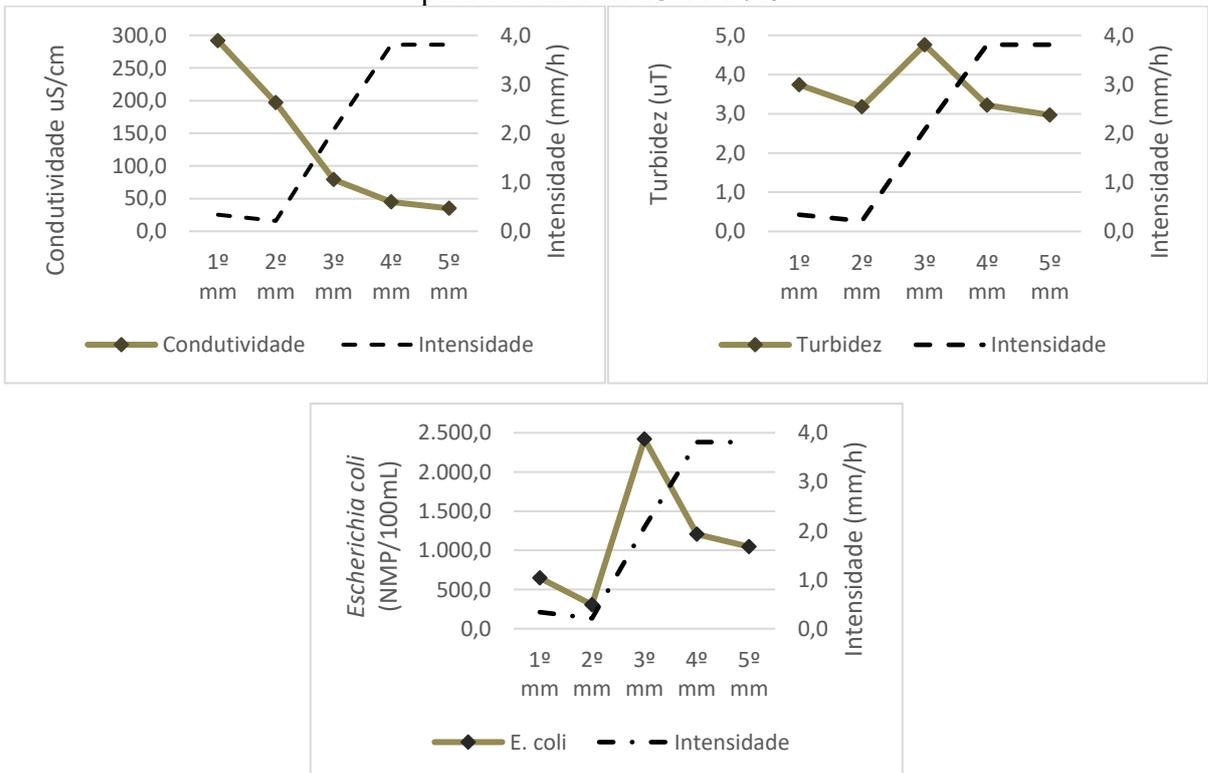


Figura 30. Relação entre os parâmetros de qualidade de água e a intensidade da precipitação para o evento de 13/11/2019.



Analisando as Figuras 28 e 29 foi possível observar que o aumento da intensidade da chuva, mesmo no 5º milímetro de água captado, pode gerar aumento na concentração de sólidos dissolvidos/condutividade. Contudo, a condutividade do primeiro milímetro não foi superada nos milímetros subsequentes, em nenhum evento, mesmo quando o aumento da intensidade da chuva tenha ocorrido já no 2º milímetro.

Apesar de não ter resultado em correlação significativa entre os parâmetros, pela análise das figuras acima, o aumento da concentração de *Escherichia coli* mostrou-se mais ligado ao aumento da turbidez do que ao de sólidos dissolvidos/condutividade, podendo estar relacionado ao fato de que os microrganismos ficam abrigados às partículas, como relatado por Ahmed et al. (2010).

Quanto ao número de dias anteriores sem chuva, o fator apontou correlação positiva com a turbidez, o que era esperado pelo maior período de deposição de sedimentos no telhado e calhas, e negativa com nitrito e *Escherichia coli*. A correlação negativa com o nitrito pode estar relacionada à oxidação do composto nitrogenado, transformando-se em nitrato. Já a correlação negativa com *E. coli* pode estar relacionada com a vulnerabilidade do indicador às intempéries, sendo que esse parâmetro também se mostrou correlacionado negativamente com a incidência solar das últimas 24 horas.

Como o descarte dos primeiros milímetros possui a função de eliminar a água que faz a limpeza da atmosfera e do telhado, minimizando a influência das condições ambientais em sua qualidade, foi avaliada também a correlação apenas dos dois primeiros milímetros de chuva para com os parâmetros climatológicos. A relação obtida entre apenas o primeiro milímetro e os dois primeiros milímetros foi a mesma, indicando que o primeiro milímetro carrega maior peso nas correlações. A Tabela 16 apresenta os resultados.

Tabela 16. Correlações significativas entre os parâmetros de qualidade da água dos dois primeiros milímetros de chuva com os parâmetros climatológicos.

Parâmetro climatológico	Parâmetro correlacionado	Coefficiente de correlação	Intensidade da correlação
Intensidade da chuva	Turbidez	0,81	Forte
	Nitrito	-0,71	Forte
Temperatura média últimos 3 dias	Nitrato	-0,76	Forte
	<i>Escherichia coli</i>	0,93	Muito forte
Temperatura média últimas 24 horas	<i>Escherichia coli</i>	0,93	Muito forte
Umidade relativa média últimos 3 dias	Nitrito	0,85	Forte
	Nitrato	0,71	Forte
	<i>Escherichia coli</i>	-0,84	Forte

Analisando apenas a influência climática do primeiro e segundo milímetro de chuva, foram obtidas correlações de intensidade forte e muito forte. As correlações de intensidade muito forte referem-se à incidência de coliformes do gênero *Escherichia coli* e a temperatura, o que, tem relação com a temperatura ótima de crescimento destes microrganismos. A umidade relativa do ar média dos últimos 3 dias anteriores ao evento chuvoso mostrou-se fortemente correlacionada, de forma inversa, ao parâmetro *E. coli*, que, por sua vez, está relacionado com a ocorrência local de dias quentes e secos, como já relatado anteriormente. A temperatura e umidade relativa do ar também apresentaram correlação com os parâmetros nitrato e nitrito, de forma inversa ao que ocorre com o parâmetro *E. coli*. Isso pode estar relacionado com a influência da temperatura na velocidade de degradação dos compostos nitrogenados, acelerando o processo e resultando em menores concentrações de nitrato e nitrito.

Diferente do resultado obtido nas correlações com as amostras dos 5 (cinco) primeiros milímetros captados, a intensidade da chuva apresentou coeficiente de correlação forte com a turbidez no primeiro milímetro, o que vai ao encontro do observado nas Figuras 28 e 29. A correlação inversa encontrada entre a intensidade da chuva e o parâmetro nitrito não apresenta motivo aparente.

4.3.2 Filtros de pedra britada

A Tabela 17 apresenta os resultados encontrados para os parâmetros de qualidade da água analisados nos pontos de: captação direta, referindo-se a água escoada pelos telhados e calhas, após o volume de descarte, sem qualquer tipo de tratamento; filtro 1, referindo-se a qualidade da água após sua passagem pelo filtro de pedra britada grossa; e filtro 2, referindo-se a qualidade da água após passar pelo segundo filtro, com pedras de granulometria menor.

Tabela 17. Qualidade da água da chuva captada ao passar pelos filtros de pedra britada.

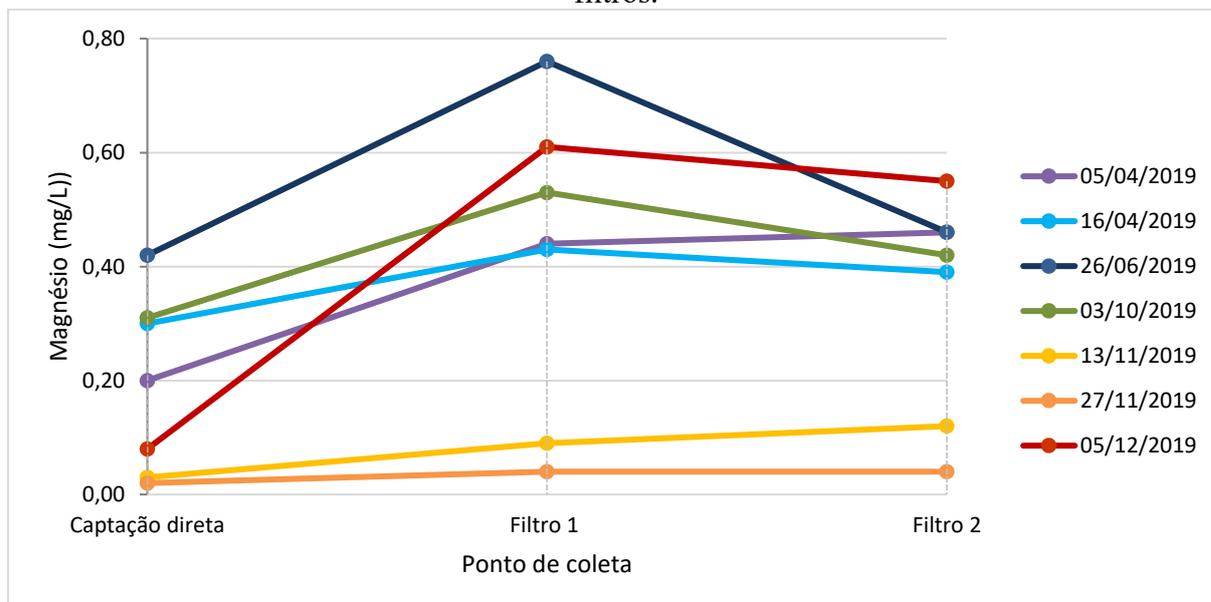
Parâmetro	Medida	Local da coleta		
		Captação direta	Filtro 1	Filtro 2
pH	Média	7,1	7,2	7,2
	Desvio padrão	0,5	0,5	0,5
	Mediana	7,1	7,3	7,4
Temperatura amostra (°C)	Média	22,2	21,1	21,0
	Desvio padrão	4,5	5,3	5,3
	Mediana	23,5	22,8	22,8
Condutividade (µS/cm)	Média	74,9	109,2	103,2
	Desvio padrão	45,6	73,5	59,3
	Mediana	46,0	86,6	98,5
Sólidos dissolvidos totais_SDT (mg/L)	Média	47,9	70,0	65,7
	Desvio padrão	29,7	48,7	39,9
	Mediana	29,0	55,3	62,5
Turbidez (NTU)	Média	2,1	2,7	1,6
	Desvio padrão	0,7	1,4	0,6
	Mediana	1,9	2,2	1,6
Cálcio (mg/L)	Média	3,8	5,6	5,2
	Desvio padrão	2,8	3,3	2,7
	Mediana	4,5	5,9	5,6
Magnésio (mg/L)	Média	0,2	0,5	0,4
	Desvio padrão	0,2	0,4	0,2
	Mediana	0,2	0,5	0,4
Nítrito_NO2 (mg/L)	Média	0,0	0,0	0,0
	Desvio padrão	0,0	0,0	0,0
	Mediana	0,0	0,0	0,0
Nitrato_NO3 (mg/L)	Média	0,3	0,5	0,7
	Desvio padrão	0,3	0,5	0,5
	Mediana	0,1	0,3	0,6
Sulfatos_SO4 (mg/L)	Média	0,3	0,8	0,9
	Desvio padrão	0,4	1,3	1,3
	Mediana	0,2	0,2	0,4
Coliformes totais (NMP/100mL)	Média	2419,6	2419,6	1842,4
	Desvio padrão	0,0	0,0	894,6
	Mediana	>2419,6	2419,6	2419,6
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL)	Média	815,5	291,5	313,2
	Desvio padrão	1009,8	373,1	474,0
	Mediana	260,3	166,1	91,8

A partir da aplicação dos métodos de comparação estatística entre os grupos dependentes (captção direta, F1 e F2), foram constatadas diferenças significativas ($p < 0,05$)

nas concentrações dos parâmetros: Turbidez, magnésio e *Escherichia coli*. A partir da aplicação do pós-teste de Tukey, obteve-se a localização das alterações, que foi diferente para cada um dos 3 (três) parâmetros que apresentaram diferença significativa. O evento de chuva de 15/07/2019 foi excluído da análise pois a chuva teve início e fim durante a madrugada, não sendo possível a coleta da água de captação direta. Antes do evento do dia 13/11/2019 foi realizada a limpeza dos filtros, com troca do meio filtrante.

As Figuras 31, 32 e 33 apresentam as alterações ocorridas na concentração dos parâmetros que apresentaram diferença significativa durante a passagem da água da chuva coletada pelos filtros nos eventos de chuva analisados.

Figura 31. Alteração do parâmetro Magnésio durante a passagem da água captada pelos filtros.

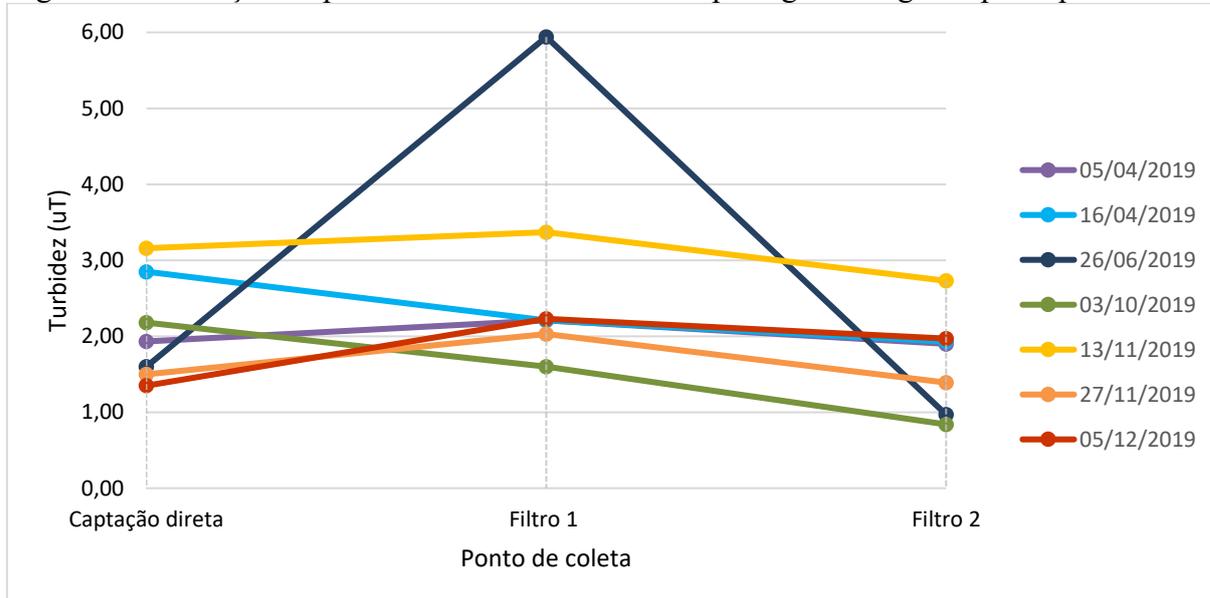


As concentrações de magnésio apresentaram aumento significativo durante a passagem da água captada dos telhados pelo filtro 1, composto por pedras britadas de granulometria maior, mantendo-se durante a passagem pelo filtro 2, com britas menores. Os eventos de 13/11/2019 e 27/11/2019 retratam as primeiras chuvas após a troca do meio filtrante e, por isso, podem ter resultado em aumentos menores nas concentrações. No evento de 05/12/2019, já houve elevação mais acentuada na concentração do parâmetro.

Contudo, embora a água da chuva captada tenha apresentado aumento significativo na concentração de magnésio durante sua passagem pelos filtros, as concentrações encontradas não representam risco no consumo da água pelos animais, estando abaixo dos limites mais

restritivos exigidos nas recomendações e normativas verificadas, de 250 mg/L (CCME, 2005; SOUTH AFRICA, 1996).

Figura 32. Alteração do parâmetro Turbidez durante a passagem da água captada pelos filtros.



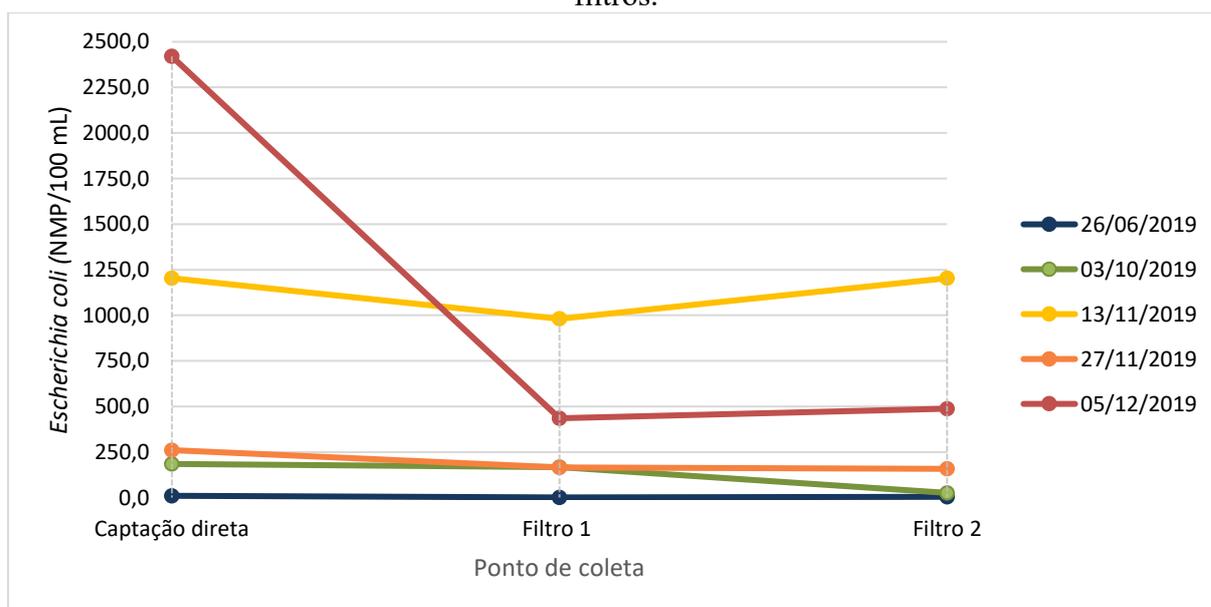
A turbidez apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) entre o filtro 1 e o filtro 2, sendo esta diferença de diminuição, conforme pode-se observar na Figura 32 e pela estatística descritiva presente na Tabela 17. Contudo, não houve diferença significativa entre a turbidez das amostras coletadas no ponto de captação direta e o filtro 2, indicando que durante a passagem pelo filtro 1 ocorre um aumento da turbidez, que, por sua vez, é reduzido durante a passagem pelo filtro 2. Contudo, a turbidez volta para condição semelhante à da água coletada no ponto de captação direta, concluindo-se que o conjunto de filtros não apresenta alteração significativa no parâmetro.

Ainda conforme a Figura 32, durante a passagem pelo filtro 1, a concentração por vezes diminuiu e por outras aumentou. O ocorrido no evento de 26/06/2019, onde percebe-se uma maior elevação da turbidez após a passagem da água pelo primeiro filtro, pode estar relacionado a um desprendimento de biofilme ou bloco de partículas que se encontrava preso às pedras, dado que o filtro estava a mais de 1 (um) ano sem limpeza do meio filtrante e que a turbidez na saída do filtro 2 apresentou-se em concentração muito inferior, menor que 1,0 uT. Essa mesma amostra foi a que apresentou também a maior concentração de magnésio, indicando relação entre os parâmetros.

Nota-se, ainda, que os eventos de 16/04/2019 e 13/10/2019, que também ocorreram sem a limpeza do filtro (que ocorreu antes do evento de 13/11/2019), apresentaram bons resultados na redução da turbidez, tanto no filtro 1, quanto no filtro 2, indicando que o filtro não apresenta piores resultados para o parâmetro devido à limpeza precária; contudo, desprendimentos de partículas presas ao meio filtrante podem ocorrer, diminuindo a qualidade da água, como o observado no evento de 26/06/2019.

De qualquer forma, as concentrações de turbidez foram baixas desde o ponto anterior a qualquer tipo de tratamento (captação direta). Com exceção da amostra coletada após a passagem pelo filtro 1 em 26/06/2019, todas as amostras apresentaram-se de acordo com todos os limites presentes nas diretrizes e normativas para o parâmetro, inclusive de potabilidade brasileira, que define o limite de 5,0 uT (BRASIL, 2017a).

Figura 33. Alteração do parâmetro *Escherichia coli* durante a passagem da água captada pelos filtros.



O parâmetro *Escherichia coli* apresentou diferença significativa entre o ponto de captação direta e o filtro 1. Contudo, não houve diferença significativa entre o ponto de captação direta e após sua passagem pelo filtro 2, nem entre o filtro 1 e o filtro 2. Dessa forma, devido a pequena quantidade de eventos analisados – 5 – o que compromete a confiabilidade do teste, esse resultado pode ter sido influenciado pela diminuição da concentração ocorrida no evento de 05/12/2019 entre o ponto de captação e o filtro 1. Contudo, tal feito pode indicar uma certa proteção dos filtros à grandes variações na qualidade da água, nesse caso no âmbito

microbiológico. Sob outra perspectiva, a alta concentração no ponto de captação pode ter sido decorrente de contaminação momentânea na água por meio de excrementos de pássaros ou dissociação de material presente no telhado, ou ainda, a própria contaminação da amostra.

Entretanto, o que se pode constatar, com base na Figura 33, é que na maioria dos eventos as alterações observadas entre os pontos foram na casa de 10^1 e 10^2 e que a concentração de *E. coli* após a passagem da água pelos filtros sempre foi menor ou igual à concentração no ponto de captação direta, mesmo durante o período em que os filtros se encontravam sujos (antes de 27/11/2019).

Ainda, a elevação da turbidez observada após a passagem da água pelo filtro 1 no evento de 26/06/2019 não resultou em aumento de *Escherichia coli*, o que pode indicar certa seletividade das bactérias associadas ao biofilme e/ou a não associação das partículas retidas no filtro à proteção de bactérias *E. coli*. Contudo, pode haver prevalência de outro patógeno não analisado sobre os indicadores. Também cabe salientar que tal evento de chuva ocorrido no mês 06 (junho) apresentou a temperatura mais baixa registrada, na casa nos 10 °C, que não é propícia à proliferação de bactérias.

4.4 PRINCIPAIS RESULTADOS

A média anual de precipitação dos municípios pertencentes à bacia do rio Jacutinga e bacias contíguas foi de 1.963 ± 41 mm, com chuvas bem distribuídas durante o ano, o que possibilita a utilização da água dos sistemas de aproveitamento de água da chuva (SAAC) durante todo o ano, e não apenas como reserva em períodos de estiagem.

O potencial de suprimento da demanda dos sistemas de produção de animais confinados (SPAC) pelos SAAC foi de 100% nas produções avícolas e de 33,5% a 65,9% nas suinícolas, dependendo da fase produtiva dos animais em que opera a granja. Apesar de não ter apresentado potencial para suprir totalmente a demanda de água das produções suinícolas, o potencial do aproveitamento de água da chuva no setor, em termos de volume total, representou 59,8% do potencial quantitativo total da utilização dos SAAC em SPAC nos municípios da área de estudo que, por sua vez, foi estimado em 5,2 bilhões de litros por ano. Esse volume representa um potencial anual por área de $1.000 \text{ m}^3/\text{km}^2.\text{ano}$ ou uma vazão de retirada de $0,166 \text{ m}^3/\text{s}$, o que representa cerca de 8,9% da retirada total de água da área de estudo.

O município que apresentou maior potencial de aproveitamento de água da chuva em SPAC, em termos de volume total, foi Concórdia (934,3 mil m^3 por ano), devido ao fato de

possuir o maior efetivo de suínos e aves entre os municípios analisados. Já em termos de potencial de aproveitamento por área, Concórdia ocupou apenas o 5º lugar, enquanto o município de Arabutã apresentou o maior potencial, com 2,76 mil m³/km²/ano, mais que o dobro da média da área de estudo (1,0 mil m³/km²/ano). Em geral, os municípios localizados na porção oeste apresentaram um maior potencial de aproveitamento por área, indicando uma maior concentração de SPAC e, conseqüentemente, uma maior pressão do setor nos recursos hídricos locais, que, por sua vez, pode ser amenizada com a utilização dos SAAC na atividade.

Sobre o potencial qualitativo das águas provenientes dos SAAC, segundo as análises realizadas, a qualidade no âmbito físico-químico se apresentou compatível com todas as recomendações consultadas para o uso na dessedentação animal, inclusive a portaria de potabilidade brasileira. Já no âmbito microbiológico, coliformes totais, *Escherichia coli*, enterococcus e *Salmonella sp.* foram encontrados em 100%, 93,1%, 65,5% e 20,7% das amostras coletadas, respectivamente, indicando a necessidade de tratamento de desinfecção das águas antes do abastecimento das granjas. O risco de contaminação microbiológica também foi constatado nas amostras analisadas de águas de outras fontes utilizadas nas propriedades – nascente e poço escavado, sendo que ambas apresentaram presença de coliformes totais, *Escherichia coli*, enterococcus. A água de nascente também apresentou presença de *Salmonella* em uma das coletas realizadas.

A incidência das bactérias analisadas não foi constante durante o ano. Foi observada redução na concentração de *Escherichia coli* no mês de junho, sendo esse o mês que apresentou as menores temperaturas entre as campanhas de coleta realizadas. Já as concentrações de enterococcus não mostraram diminuição nesse período, indicando ser um grupo mais resistente a variações na temperatura. Por sua vez, a ocorrência de *Salmonella* nas águas coletadas nas cisternas também apresentou maior incidência em determinado período: 4 dos 6 resultados positivos foram referentes à campanha de coleta do mês de dezembro. Tais resultados indicam que microrganismos patógenos podem não estar presentes em 100% do tempo, mas seu risco nunca pode ser dispensado.

Quanto ao processo de cloração realizado nas águas dos SAAC, 1 (uma) de 3 (três) apresentou eficiência de remoção de 100% dos microrganismos analisados nas três campanhas de coleta, enquadrando-se, assim, em todas as recomendações de qualidade da água, inclusive a de potabilidade. Contudo, em outras 2 (duas) propriedades a eficiência foi menor que 100% em pelo menos uma das amostras coletadas durante o ano. Tal fato se deve pela aplicação de

cloro em concentração menor que a demanda de cloro da água, não tendo sido possível detectar cloro residual livre nas amostras.

Quanto ao sistema de descarte dos primeiros escoamentos, as análises de qualidade da água dos 5 (cinco) primeiros milímetros de chuva demonstraram que o 1º mm se difere da qualidade dos demais, apresentando maiores concentrações de sólidos dissolvidos totais, condutividade, e íons ligados a dureza das águas: cálcio e magnésio. Além disso, apesar de só ter sido diagnosticada diferença significativa da turbidez entre o 1º e o 5º milímetro, o 1º apresentou uma maior variação, com os maiores picos para o parâmetro – variando de 2,1 a 30,0 uT enquanto o 2º mm variou de 1,4 a 14,6 uT e o 5º mm de 1,6 a 3,5 uT. Aumentos da turbidez após o 1º mm puderam ser relacionados com o aumento da intensidade da chuva.

Ainda sobre as análises do sistema piloto dos primeiros escoamentos, as concentrações dos parâmetros microbiológicos não apresentaram diferença significativa entre os volumes coletados e mostraram-se superiores às encontradas em outros estudos, o que pode estar relacionado com a proximidade à fonte de contaminação adicional: a própria criação animal. Além disso, não foi observada correlação estatística forte entre os parâmetros microbiológicos e os demais parâmetros físico-químicos analisados.

No entanto, a qualidade da água captada nos primeiros milímetros apresentou correlação significativa com diversos fatores ambientais sendo que as correlações diagnosticadas divergiram ao considerar todos os milímetros captados ou apenas o primeiro/dois primeiros milímetros. O único fator que mostrou correlação em ambos os casos foi a temperatura ambiente com os parâmetros microbiológicos, por se tratar de fator intrínseco ao desenvolvimento microbiológico. A correlação foi positiva com a temperatura e negativa com a umidade do ar, já que a região apresenta calor seco. Por outro lado, a incidência solar apresentou correlação negativa com *Escherichia coli* nas amostras do 1º e 2º milímetro, o que pode indicar inativação das bactérias pela luz solar.

O número de dias sem chuva antes do evento analisado apontou correlação positiva com a turbidez, considerando a amostra de todos os milímetros coletados. Já, ao analisar apenas o 1º e 2º milímetro, o número de dias sem chuva não se correlacionou significativamente com a turbidez, e sim com a intensidade da chuva.

A passagem da água da chuva pelos filtros de pedra britada não acarretou expressiva diferença na qualidade final, nem estando os filtros com mais de 1 (um) ano sem limpeza e nem após a realização da manutenção. Contudo, houve diferença estatisticamente significativa constatada nos parâmetros indicadores: magnésio, turbidez e *Escherichia coli*.

A concentração de magnésio aumentou com a passagem da água pelos filtros, o que pode estar relacionado com a dissolução do íon presente nas pedras. Contudo, o aumento acarretado na concentração foi pequeno, não excedendo qualquer recomendação. A turbidez apresentou diminuição durante a passagem da água pelos filtros, sendo que a diferença significativa se deu durante a passagem pelo filtro 2, com britas de granulometria menor. Apesar da execução da limpeza dos filtros não ter apresentado diferença na efetividade do sistema, um outlier de turbidez foi verificado na passagem pelo primeiro filtro enquanto o sistema estava com o manejo atrasado, o que pode estar relacionado a um desprendimento de material preso as pedras, devido ao excesso de sujeira.

Para com o parâmetro *Escherichia coli*, houve diferença significativa entre a água captada diretamente do telhado e o filtro 1, contudo, a confiabilidade de tal diferença é baixa devido a pequena quantidade de eventos observados para esse parâmetro e a incidência de uma amostra com concentração alta de *E. coli* no ponto de captação direta, que aparentemente foi sanado pela filtração.

5 CONCLUSÕES

O aproveitamento de água da chuva em sistemas de produção de animais confinados (SPAC) de suínos e aves apresentou um alto potencial de suprimento da demanda de água da atividade. No caso da avicultura, os sistemas de aproveitamento de água da chuva (SAAC) apresentaram potencial para suprir totalmente a demanda da produção. Já na suinocultura, apesar dos SAAC não apresentarem potencial para suprir totalmente a demanda hídrica da produção, apresentaram capacidade para vir a ser a principal fonte de água utilizada.

A economia de água gerada com a utilização dos SAAC foi representativa na área de estudo, podendo ser considerada como uma ferramenta de gestão dos recursos hídricos locais, minimizando a pressão sobre as fontes subterrâneas e superficiais, principalmente nos municípios com maior concentração de SPAC.

A qualidade das águas dos SAAC apresentou potencial compatível para utilização nos SPAC, até mesmo para a dessedentação dos animais, desde que eliminado o risco biológico a partir de um processo de desinfecção efetivo. Por sua vez, o processo de cloração realizado nas propriedades de produção animal se mostrou deficiente, necessitando de padronização e sistematização.

A utilização do sistema de descarte dos primeiros escoamentos, com a eliminação do 1º milímetro de chuva sobre a área de captação, e dos filtros de pedra britada, apresentou melhoria na qualidade da água a ser armazenada, contudo, não descartando a necessidade de desinfecção da mesma.

5.1 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

Na estimativa do potencial quantitativo dos SAAC, a área de captação foi calculada a partir do número de animais existentes em cada município e dos índices zootécnicos de concentração dos animais nas granjas, para cada categoria de produção. Essa aproximação foi utilizada devido à falta de dados oficiais sobre as dimensões dos telhados de cada um dos SPAC existentes e a exorbitante quantidade dos mesmos na região, o que também impossibilitou a retirada de dados em campo. Esse cálculo aproximado da área de captação pode ter gerado um desvio, para mais ou para menos, no cálculo da estimativa do potencial dos SAAC nos SPAC.

Outro ponto que se refere ao âmbito quantitativo é que não foi considerada perda por extravasamento da água da chuva nas cisternas, apenas utilizou-se coeficiente de eficiência do sistema. O extravasamento ocorre quando o volume de água captada supera a capacidade de armazenamento da cisterna. Contudo, o mesmo não foi considerado devido a infinidade de situações existentes (área de captação X capacidade da cisterna) e o grande volume das cisternas comumente utilizadas, de 500 m³, o que permite o armazenamento da chuva mensal, também no mês com maior precipitação média. É importante ressaltar que, para casos isolados, é importante que se faça o balanço hídrico na avaliação do potencial quantitativo dos SAAC.

Na avaliação qualitativa das águas dos SAAC, o número de sistemas avaliados foi limitado pelo recurso disponível para as análises, não sendo possível utilizar uma amostra maior, o que seria mais representativo. Para o sistema piloto de descarte de primeiros escoamentos e o dos filtros de pedra britada, o número de análises limitou-se pelo número de precipitações no período que iniciaram em dias úteis, quando os laboratórios pudessem receber as amostras para análise. Um maior número de eventos analisados forneceria maior confiança as análises estatísticas realizadas.

A eficiência do processo de desinfecção, que pela metodologia inicial seria avaliado nos 10 (dez) sistemas selecionados, pode ser analisado em apenas 3 (três) deles, devido a prática dos proprietários de misturar outras fontes de água nas caixas de distribuição, onde era realizada

a cloração. Essa prática é aceita em termos de gestão e segurança das águas, contudo, prejudicou a análise do processo de desinfecção previsto nesse estudo.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

As limitações encontradas nesse estudo abrem portas para trabalhos mais robustos. A obtenção da área de telhado disponível nas granjas a partir de imagens de satélite ou fotografias aéreas poderia auxiliar na confiabilidade da estimativa e possibilitar uma análise mais precisa quanto aos pontos onde há maior concentração de sistemas de produção de animais confinados, mesmo dentro de um mesmo município.

Na avaliação da qualidade das águas, uma amostra mais representativa traria resultados mais relevantes, assim como a análise da eficiência dos dispositivos intermediários por um intervalo de tempo maior, propiciando um maior número de eventos chuvosos analisados.

A avaliação do processo de cloração em um maior número de SAAC ou até mesmo em um sistema piloto, e a definição de um procedimento de cloração, a partir dos resultados obtidos, trariam bons resultados que podem ser disseminados aos proprietários rurais visando a minimização do risco biológico das águas.

Em um âmbito interdisciplinar, estudos atualizados de toxicidade de elementos que possam estar presentes nas águas, para cada uma das espécies de animais (com ênfase as espécies de criação intensiva), e que considerem os componentes da dieta animal, são recomendados para uma melhor avaliação da qualidade da água a ser ministrada nos SPAC. No âmbito microbiológico, estudos de avaliação de risco de bactérias, vírus e protozoários que possam estar presentes nas águas possibilitariam uma recomendação mais precisa sobre a concentração máxima recomendada para a água de bebida animal.

REFERÊNCIAS

ABCS; SEBRAE - Associação Brasileira dos Criadores de Suínos; Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Bem-estar animal na produção de suínos: toda granja**. Brasília: ABCS; SEBRAE, 2016. 38 p.

ABPA - Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório anual 2020**. São Paulo: ABPA, 2020. 158 p.

ABNT - Associação Brasileira De Normas Técnicas. **NBR 12217**. Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1994.

_____. **NBR 10844**. Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

_____. **NBR 15527**. Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Segunda edição. Rio de Janeiro, 2019.

AHMED, W.; HODGERS, L.; SIDHU, J. P. S.; TOZE, S.. Fecal Indicators and Zoonotic Pathogens in Household Drinking Water Taps Fed from Rainwater Tanks in Southeast Queensland, Australia. **Applied And Environmental Microbiology**, [S.L.], v. 78, n. 1, p. 219-226, 21 out. 2011. American Society for Microbiology. <http://dx.doi.org/10.1128/aem.06554-11>.

AHMED, W.; VIERITZ, A.; GOONETILLEKE. A.; GARDNER, T. Health Risk from the Use of Roof-Harvested Rainwater in Southeast Queensland, Australia, as Potable or Nonpotable Water, Determined Using Quantitative Microbial Risk Assessment. **Applied And Environmental Microbiology**, [s.l.], v. 76, n. 22, p.7382-7391, 17 set. 2010.

AMARAL, L. A. do. Drinking Water as a Risk Factor to Poultry Health. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, [s. l.], v. 6, p. 191-199, dez. 2004.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil**. Brasília: ANA, 2012. 264p. Disponível em: http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/Panorama_Qualidade_Aguas_Superficiais_BR_2012.pdf. Acesso em: 20 set. 2018.

_____. **Conjuntura dos recursos hídricos 2017**: relatório pleno. Brasília: ANA, 2017. 169p. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos>. Acesso em: 18 set. 2018.

_____. **Conjuntura dos recursos hídricos 2019**: relatório anual. Brasília: ANA, 100p. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/conjuntura-completo.bb39ac07.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2020.

_____. **Hidroweb**. [s. d.]. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/>. Acesso em: 5 jun. 2019. Base de dados.

ANDRADE, M.; MARINOSKI, A. K.; BECKER, R. H. Sistemas de aproveitamento de água da chuva. In: LAMBERTS, R. et al (Ed.). **Casa Eficiente: Uso Racional da Água**. v. 3, Florianópolis: UFSC/LABEE, 2010. Cap. 5. p. 37-61. Disponível em: http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/livros/CasaEficiente_vol_III_WEB.pdf. Acesso em: 30 set. 2017.

ANNECCHINI, P. V. K. **Aproveitamento da Água da Chuva Para Fins Não Potáveis na Cidade de Vitória (ES)**. 2005. 150p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2005. Disponível em: http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_6582_VERS%C3O%20final%20-%20Karla%20Ponzo.PRN.pdf. Acesso em: 10 de dez. 2018.

ANZECC - Australian and New Zealand Environment and Conservation Council. **National water quality management strategy**. Australian and New Zealand guidelines for fresh and marine water quality. v. 1, chapters 1-7, 2000

APHA; AWWA; WEF - American Public Health Association; American Water Works Association; Water Environment Federation. **Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater**, ed.22. Washington: APHA: AWWA: WEF, 2012.

ASA - Articulação Do Semiárido Brasileiro. **P1MC - ASA Brasil**. Disponível em: <http://www.asabrasil.org.br/acoes/p1mc>. Acesso em: 10 set. 2020.

BACK, A. **Manual de doenças de aves**. 2.ed. Cascavel: Editora Integração, 2010. 311p.

BAIRD, C.; CANN, M. **Química Ambiental**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

BEER, J. **Doença Infecciosa em Animais Domésticos: Salmonelose das Galinhas**. São Paulo: Roca, 1999. 82 p.

BELLA CALHA. **Bella calha website**. [s.d.]. Disponível em: <https://bellacalha.com.br/como-funciona-tela-anti-folhas/>. Acesso em: 05 jul. 2020.

BELLAVER, C.; OLIVEIRA, P.A.V. de. Balanço da água nas cadeias de aves e suínos. **Avicultura Industrial**, v. 10, p. 39-44, 2009. Disponível em: http://www.qalyfoco.com.br/arquivos_conteudo/download.php?tipo=anexo&arquivo=Agua_essencial_v2_567c6093cebef.pdf. Acesso em: 11 de julho de 2017.

BRASIL. **Lei Nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, 08 jan. 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/19433.htm. Acesso em: 22 set. 2020.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 357 de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. 17 mar. 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 20 de set. 2018.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 396 de 03 de abril de 2008**. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. 03 abr. 2008a.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Ofício Circular Conjunto DFIP – DSA nº 1 / 2008, de 16 de setembro de 2008**. Anexo II. Parâmetros de qualidade da água a serem monitorados. [s. I.], 16 out. 2008b.

_____. Ministério da Agricultura e Abastecimento. **Instrução Normativa Nº 36, de 6 de dezembro de 2012**. Altera a Instrução Normativa nº 56, de 4 de dezembro de 2007. [s. I.], 06 dez. 2012.

_____. Ministério da Agricultura e Abastecimento. **Instrução Normativa Nº 18, de 25 de maio de 2017**. Altera a Instrução Normativa nº 56, de 4 de dezembro de 2007. [s. I.], 25 mai. 2017b.

_____. Ministério da Saúde. **Portaria de consolidação Nº 05 de 28 de setembro de 2017**. Anexo XX: do Controle e da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano. Brasília, 2017a. Disponível em: http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005_03_10_2017.html. Acesso em: 10 de out. 2018.

BUREK, P., SATOH, Y., FISCHER, G., KAHIL, M. T., SCHERZER, A., TRAMBEREND, S., NAVA, L. F., WADA, Y., EISNER, S., FLÖRKE, M., HANASAKI, N., MAGNUSZEWSKI, P., COSGROVE, B. AND WIBERG, D. **Water Futures and Solution: Fast Track Initiative (Final Report)**. Laxenburg: IIASA Working Paper, 2016. 105p. Disponível em: <<http://pure.iiasa.ac.at/13008/>>. Acesso em: 18 set. 2018.

CAMMACK, R.; JOANNOU, C.; CUI, X.; MARTINEZ, C. T.; MARAJ, S. R.; HUGHES, M. N. Nitrite and nitrosyl compounds in food preservation. **Biochimica Et Biophysica Acta (bba) - Bioenergetics**, [s.l.], v. 1411, n. 2-3, p. 475-488. Elsevier BV, maio 1999.

CARSON, T. L. Current Knowledge of Water Quality and Safety for Livestock. **Veterinary Clinics Of North America: Food Animal Practice**, [S.L.], v. 16, n. 3, p. 455-464, nov. 2000. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0749-0720\(15\)30080-3](http://dx.doi.org/10.1016/s0749-0720(15)30080-3).

CCME - Canadian Council of Ministers of The Environment. **Canadian water quality guidelines for the protection of agricultural water uses**: Summary table. Updated October 2005. Winnipeg: CME documents, 2005.

CHIDAMBA, L; KORSTEN, L. A scoping study on the prevalence of Escherichia coli and Enterococcus species in harvested rainwater stored in tanks. **Water Sa**, [s.l.], v. 41, n. 4, p.501-508, 2015.

- CHUBAKA, C. E.; WHILEY, H.; EDWARDS, J. W.; ROSS, K. E. A Review of Roof Harvested Rainwater in Australia. **Journal Of Environmental And Public Health**, [S.l.], v. 2018, p.1-14, 2018.
- COMASSETTO, V.; MATTHIENSEN, A.; ALVES, J.; FAVASSA, C. T. A.; YABIKU, V. M.; WASKIEWIC, M. E.; BÓLICO, J. Diagnóstico das águas subterrâneas na bacia do Rio Jacutinga e contíguos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 18.; ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS, 19.; FEIRA NACIONAL DA ÁGUA-FENÁGUA, 8., 2014, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ABAS, 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1013936/diagnostico-das-aguas-subterraneas-na-bacia-do-rio-jacutinga-e-contiguos>. Acesso em: 10 de out. 2017.
- COWAN, M. K. **Microbiology A Systems Approach**. New York: McGraw-Hill, 2012. Ed. 3. p. 180-682.
- EMBRA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Suínos e Aves. **Dados Agrometeorológicos**. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/meteor/>. Acesso em: 20 set. 2018.
- FATMA - Fundação Do Meio Ambiente. **Instrução Normativa nº 11**. Florianópolis, Brasil. 37p, 2014. Disponível em: <https://www.ima.sc.gov.br/index.php/downloads/licenciamento-ambiental/instrucoes-normativas-1/in11>. Acesso em: 10 de jun. 2020.
- GEWEHR, C.E.; STAHLHOFER, S.R.; RITTER, G.S.; DA SILVA, M.C. Cadeia produtiva de ovos comerciais de Santa Catarina: perfil dos produtores e das propriedades. **Revista de Ciências Agroveterinária**. Lages, v.9, n.1, p.90-98, 2010.
- GOAN H. C.; BURCHAM T. N.; DENTON P. H.; DRAUGHON F. A. Quality of well water on Tennessee poultry farms. **Poultry Science** [s. l], p. 71 – 103, 1992.
- HAGEMANN, S. E. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso**. 2009. 140f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2009.
- HOSS, C. G. **Sistemas de aproveitamento de água da chuva utilizados na produção de suínos e aves**. 2017. 86f. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2017.
- HOSS, C. G.; TAVARES, J. M. R.; BELLI FILHO, P.; MATTHIENSEN, A. Potencial de aproveitamento de água da chuva em granjas de produção intensiva de suínos e aves em concórdia –sc em função da variabilidade da precipitação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 13., 2018, Fóz do Iguaçu. **Anais [...]**. [S. L.]: ABRH, 2018a. p. 1-10. Disponível em: <http://anais.abrhidro.org.br/works/5229>. Acesso em: 20 de ago. 2020.

HOSS, C. H.; MATTHIENSEN, A.; TAVARES, J. M. R.; WASKIEWIC, M. E.; BELLI FILHO, P. Qualidade da água proveniente de sistemas de aproveitamento de água da chuva utilizados na produção intensiva de suínos e aves. In: SIMPÓSIO ÍTALO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 14., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais digitais...** Foz do Iguaçu: ABES, 2018b. Disponível em: <http://www.abes.locaweb.com.br/XP/XP-EasyPortal/Site/XP-PortalPaginaShow.php?id=948>. Acesso em: 20 de ago. 2018.

HY-LINE. **Manual de manejo:** Poedeiras Comerciais Hy-Line Brown. 29 p. Nov. 2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Pecuária Municipal.** Efetivo dos rebanhos, por tipo de rebanho. Rio de Janeiro, 2018. Base de dados.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; ANA - Agência Nacional das Águas. **Contas Econômicas Ambientais da Água:** Brasil 2013-2017. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

IFPRI - International Food Policy Research Institute (Washington). **Project water futures,** [n.d.]. Disponível em: <http://www.ifpri.org/project/water-futures>. Acesso em: 20 set. 2018.

IMA - Instituto do Meio Ambiente. **Instrução Normativa nº 65.** Florianópolis, Brasil. 18p, 2020. Disponível em: < <http://www.ima.sc.gov.br/index.php/licenciamento/instrucoes-normativas>>. Acesso em 04 de jun. 2020.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability.** Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.

KAHINDA, M. J.; TAIGBENU, A. E. Rainwater harvesting in South Africa: Challenges and opportunities. **Physics And Chemistry Of The Earth,** [S. l.], v. 36, n. 14-15, p.968-976, jan. 2011.

KICH, J. D.; CARDOSO, M. Salmonelose. In: SOBESTIANSKY, J.; BARCELLIS, D. (Eds.). **Doença dos suínos.** 2. ed. Goiânia: Cãnone, 2012. p. 257-264.

LEE, J. Y.; YANG, J.-S.; HAN, M.; CHOI, B.. Comparison of the microbiological and chemical characterization of harvested rainwater and reservoir water as alternative water resources. **Science Of The Total Environment,** [S. l.], v. 408, n. 4, p. 896-905, 15 jan. 2010

LISBOA, M. B. **Proposição e avaliação de tecnologias para sistemas de aproveitamento de água da chuva.** 2011. 215f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2011.

LUZ, R. B. da; STAGGEMEIER, R.; FRATTA, L. X. S.; LONGO, L.; SCHUTZ, R.; SOLIMAN, M. C.; KLUGE, M.; FABRES, R. B.; SCHENKEL, G. C.; BRUNI, F. P.; FLECK, J. D.; PICOLI, S. U.; SPILKI, F. R. Contaminação viral e bacteriana em águas subterrâneas na porção aflorante do Aquífero Guaraní, município de Ivoti, RS. **Revista Ambiente & Água,** [s.l.], v.12, n.5, pp.871-880. Taubaté, 2017.

MACHADO, G. B.; MOURA, S. V.; FORTES, T. P.; FELIX, S. R.; TIMM, C. D.; SILVA, E. F. Impacto da salmonelose na suinocultura e suas implicações em saúde pública. **Arquivos do Instituto Biológico**, [s.l.], v. 83, abr. 2016.

MATTHIENSEN, A. Potabilidade de água para dessedentação animal. **Informativo SBERA XXVII**, n.27. 4p. 2017. Disponível em: <<http://sbera.org.br/pt/informativo/informativos-2017/>>. Acesso em: 10 de dez. 2017.

MATTHIENSEN, A.; HOSS, C. G.; WASKIEWIC, M. E. **Manejo e Manutenção de cisternas**. Concórdia: ECOPEF, 2020. 30 p. Cartilha. Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Jacutinga e Bacias Contíguas.

MATTHIENSEN, A.; OLIVEIRA, M. de M. **Principais problemas de qualidade da água subterrânea na região do Alto Uruguai Catarinense (e subsídios para resolvê-los)**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2015. 9p. Comunidade Técnico 531.

MATTHIENSEN, A.; SCHMIDT, N. S. Água na avicultura de postura. **Avicultura Industrial**, [s.l.], v. 1281, n. 9, p.14-21, set. 2018. Mensal.

MCORIST, S.; GEBHART, C.J. Porcine proliferative enteropathies. In: STRAW, B.E.; D'ALLAIRE, S.; MENGELING, W.L.; TAYLOR, D.J. (Eds.). **Diseases of Swine**. 8. ed. Ames, Iowa: Iowa State University, 1999. p.521-534.

MIELE, M.; ABREU, P. G. de; ABREU, V. M. N.; JAENISCH, F. R. F.; MARTINS, F. M.; MAZZUCO, H. et al. **Coefficientes técnicos para o cálculo do custo de produção de frango de corte**. Comunicado Técnico, Embrapa Suínos e Aves, Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2010. 14 p.

OLIVEIRA, P.A.V.de. Uso racional da água na suinocultura. Embrapa Suínos e Aves. In: CURSO DE CAPACITAÇÃO EM PRÁTICAS AMBIENTAIS SUSTENTÁVEIS: treinamentos 2002, 2002, Concórdia, **Anais [...]** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2002. p. 63-71.

OLIVEIRA, P. A. V. de; MATTHIENSEN, A.; ALBINO, J. J.; BASSI, L. J.; GRINGS, V. H.; BALDI, P. C. **Aproveitamento da Água da Chuva na Produção de Suínos e Aves**. In: EMBRAPA, 2012. Documentos, 157. Concórdia, Embrapa Suínos e Aves, 38p, 2012.

OLKOWSKI, A. A. **Livestock Water Quality: A Field Guide for Cattle, Horses, Poultry and Swine**. Agriculture and Agri-Food Canada. Ottawa: [s.n.], 2009. 169p.

OTENIO, M. H.; CARVALHO, G. L. O. de; SOUZA, A. M. de; NEPOMUCENO, R. S. C. **Cloração de água para propriedades rurais**. In: EMBRAPA, 2010. Comunicado Técnico, 60. Juiz de Fora, Embrapa Gado de Leite, 4p, 2010.

PALHARES, J. C. P. **Captação de água de chuva e armazenamento em cisterna para uso na produção animal**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2016a. 32p.

PALHARES, J. C. P. (Org.). **Produção animal e recursos hídricos**. São Carlos: Editora Cubo, 2016b. p. 33-45.

PALHARES, J. C. P.; GUIDONI, A. L. Qualidade da água de chuva armazenada em cisterna utilizada na dessedentação de suínos e bovinos de corte. **Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, [S.L.], v. 7, n. 1, p. 244-254, 30 abr. 2012. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrográficas (IPABHi). <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.822>.

PENZ JUNIOR, A. M. Importância da água na produção de Frangos de corte. In: SIMPÓSIO BRASIL SUL DE AVICULTURA, 9. Chapecó, 2003. **Anais...** Chapecó, 2003. Disponível em: http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/anais0304_bsa_penz2.pdf. Acesso em: 15 de dez. 2017.

PERU. Ministerio del Ambiente (MINAM). **Decreto Supremo N° 015 del 19 de diciembre de 2015**. Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación. [s. I.], 2015.

PROSAB - Programa de Pesquisas em Saneamento Básico. **Tecnologias de segregação e tratamento de esgotos domésticos na origem, visando à redução do consumo de água e da infraestrutura de coleta, especialmente nas periferias urbanas**. [s.L.]: UFES, UFSC, UNICAMP IPT, 2006. Disponível em: https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/Uso_agua_-_final.pdf. Acesso em: 14 set. 2020.

REGELMEIER, F. A.; KOZERSKI, C. E. Aproveitamento de água da chuva em zonas rurais: captação e reservação. In: exposição de experiências municipais em saneamento, 19., assembleia nacional da assemae, 45., Poços de Caldas, 2015. **Anais...** Poços de Caldas, 2015. p.1-15. Disponível em: <http://www.trabalhosassemae.com.br/sistema/repositorio/2015/1/trabalhos/218/363/t363t5e1a2015.pdf>. Acesso em: 13 set. 2020.

RODRIGUES, D.P. Ecologia e Prevalência de *Salmonella* spp. em aves e material avícola no Brasil. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLA, 2005, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FACTA, 2005. v.2, p.223-228.

RUSSO, J. C. Tudo que você precisa saber sobre os sistemas de produção de ovos. **Avicultura Industrial**, [S.L.], 26 mar. 2019. Disponível em: <https://www.aviculturaindustrial.com.br/imprensa/tudo-que-voce-precisa-saber-sobre-os-sistemas-de-producao-de-ovos/20190326-113131-t740>. Acesso em: 11 ago. 2020.

SANCHEZ, P. S. **Atualização em Análises Microbiológicas em Águas Minerais**. São Paulo: [s.n.], 2015. 62p

SANTA CATARINA. **Lei nº 14.675, de 13 de abril de 2009**. Institui O Código Estadual do Meio Ambiente e Estabelece Outras Providências. Abr. 2009.

_____. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDS). **Plano estratégico de gestão integrada da bacia hidrográfica do rio jacutinga: etapa C – relatório final**. [S.L.], 2009. 153p.

_____. Secretaria da Agricultura e da Pesca lança edital para adquirir 1.864 cisternas de 500 mil litros de água. **Notícias Governo de Santa Catarina**, [S.L.], 14 jan.

2014. Disponível em: <https://www.sc.gov.br/noticias/temas/agricultura-e-pesca/secretaria-da-agricultura-e-da-pesca-lanca-edital-para-adquirir-1-864-cisternas-de-500-mil-litros-de-agua>. Acesso em: 11 ago. 2020.

_____. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável. **Plano Estadual de Recursos Hídricos de Santa Catarina – PERH/SC: Diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos de Santa Catarina.** Florianópolis, 2017.

SANTOS, J. L. dos. **Potencial de Aproveitamento de Água da Chuva na Produção de Leite – Um Estudo de Caso.** 2015. 89p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2015.

SHIMAKURA, S. E. **Interpretação do coeficiente de correlação.** In CE003 - Estatística II. Paraná: Dep. de Estatística (2006). Disponível em: <http://leg.ufpr.br/~silvia/>. Acesso em: 22 de junho de 2020.

SOUTH AFRICA. **South African Water Quality Guidelines: Agricultural use: Livestock Watering (Volume 5).** 2 ed. Pretoria: [s.n.], 1996.

SOUZA, J. C. V. B.; OLIVEIRA, P. A. V. de; TAVARES, J. M. R.; BELLI FILHO, P.; ZANUZZI, C. M. da S.; TREMEA, S. L.; PEIKAS, F.; SQUEZZATO, N. C.; ZIMMERMANN, L. A.; SANTOS, M. A.; AMARAL, N. do. **Gestão da água na suinocultura.** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, Cartilha, 32 p. 2016.

SOUZA, L. C. de; LARIA, S. T.; PAIM, G.V. Salmonelas e coliformes fecais em águas de bebida para animais. **Revista de Saúde Pública**, [S.L.], v. 26, n. 5, p. 321-327, out. 1992. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0034-89101992000500004>.

TAVARES, J. M. R. **Consumo de água e produção de dejetos na suinocultura.** 2012. 230 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

TAVARES, J. M. R. **Modelagem do consumo de água, produção de dejetos e emissão de gases de efeito estufa e amônia na suinocultura.** 2016. 229f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

TAVARES, J. M. R.; BELLI FILHO, P.; COLDEBELLA, A.; OLIVEIRA, P. A. V. de. The water disappearance and manure production at commercial growing-finishing pig farms. **Livestock Science**, v. 169, p. 146–154, 2014. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1871141314004739>>. Acesso em: 05 nov. 2017.

THOMAS, T. Escolha de Cisternas para Captação de Água de Chuva no Sertão. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 3., Campina Grande, 2001, **Anais...** Campina Grande, 2001.
THOMPSON, A. J.; KING, J. A.; SMITH, K.A.; TIFFIN, D. H. **Opportunities for reducing water use in agriculture.** [s.L.]: Defra, 2007. Disponível em: http://sciencesearch.defra.gov.uk/Document.aspx?Document=WU0101_5888_FRA.doc. Acesso em: 13 set. 2020.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água da chuva em áreas urbanas para fins não potáveis.** São Paulo: [s. n.], 2009. 34 p.

TSAI, Lee-Shin; SCHADE, John E.; MOLYNEUX, Buenafe T.. Chlorination of Poultry Chiller Water: chlorine demand and disinfection efficiency. **Poultry Science**, [S.L.], v. 71, n. 1, p. 188-196, jan. 1992. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.0710188>.

TUCCI, C. E. M (org.). **Hidrologia: ciência e aplicação.** 4. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2007. 943 p.

UNEP - United Nations Environment Programme. **Rainwater Harvesting and Utilisation: an environmentally sound approach for sustainable urban water management.** [s.L]: UNEP, 2001.

UNESCO, UN-WATER. **The United Nations World Water Development Report 2018: Nature-Based Solutions for Water.** Paris: UNESCO, 2018. 156 p. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org>. Acesso em: 12 set. 2018.

UNESCO, UN-WATER. **United Nations World Water Development Report 2020: Water and Climate Change.** Paris: UNESCO, 2020. 219 p. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org>. Acesso em: 10 jun. 2020.

USEPA - United States Environmental Protection Agency. **Guidelines for deriving numerical national water quality criteria for the protection of aquatic organisms and their uses.** Washington: [s.n.], 1985.

VIOLA, T. H. **A influência da restrição da água no desempenho de frangos de corte.** 2003. 150 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

VIOLA, E. S.; VIOLA T. H.; LIMA, G. J. M. M. de; AVILA, V. S. de. **Água na avicultura: importância, qualidade e exigências.** In: EMBRAPA, 2011. Manejo Ambiental na Avicultura. Documentos 149. Concórdia, Embrapa Suínos e Aves, p. 37-123, 2011.

WASKIEWIC, M. E.; COMASSETO, V.; TITON, M. A.; GIRON, J.; FAVASSA, C. T. A.; MATTHIENSEN, A. Dinâmica de uso de cisternas no contexto da gestão integrada da água na bacia hidrográfica do rio Jacutinga e Contíguos (SC). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 22., Florianópolis, 2017. **Anais...** Florianópolis: SBRH, 2017.

WHO - World Health Organization. **Guidelines for Drinking-water Quality: incorporating 1st and 2nd addenda.** 3. ed. Geneva: WHO Press, 2008. 515 p. Recommendations.

WHO - World Health Organization.; UNICEF - United Nations Children's Fund. **Progress on drinking water, sanitation and hygiene: 2017 update and SDG baselines.** Geneva: WHO/UNICEF, 2017. 115 p.

WRC - Water Research Commission. **Microbial Quality of Rooftop Rainwater (Volume 1).** In: KORSTEN, L.; CASEY, N.H.; CHIDAMBA, L. (Eds.). University of Pretoria: Pretoria, South Africa, 224p. 2016.

APÊNDICE A - Fotografias aéreas dos sistemas de aproveitamento de água da chuva instalados nas propriedades de produção de animais confinadas selecionadas

Figura 34. Fotografia aérea sistema P1 – Mertins



Fotografia: Maikon Waskiewicz (2018)

Figura 35. Fotografia aérea sistema P4 – Branchini



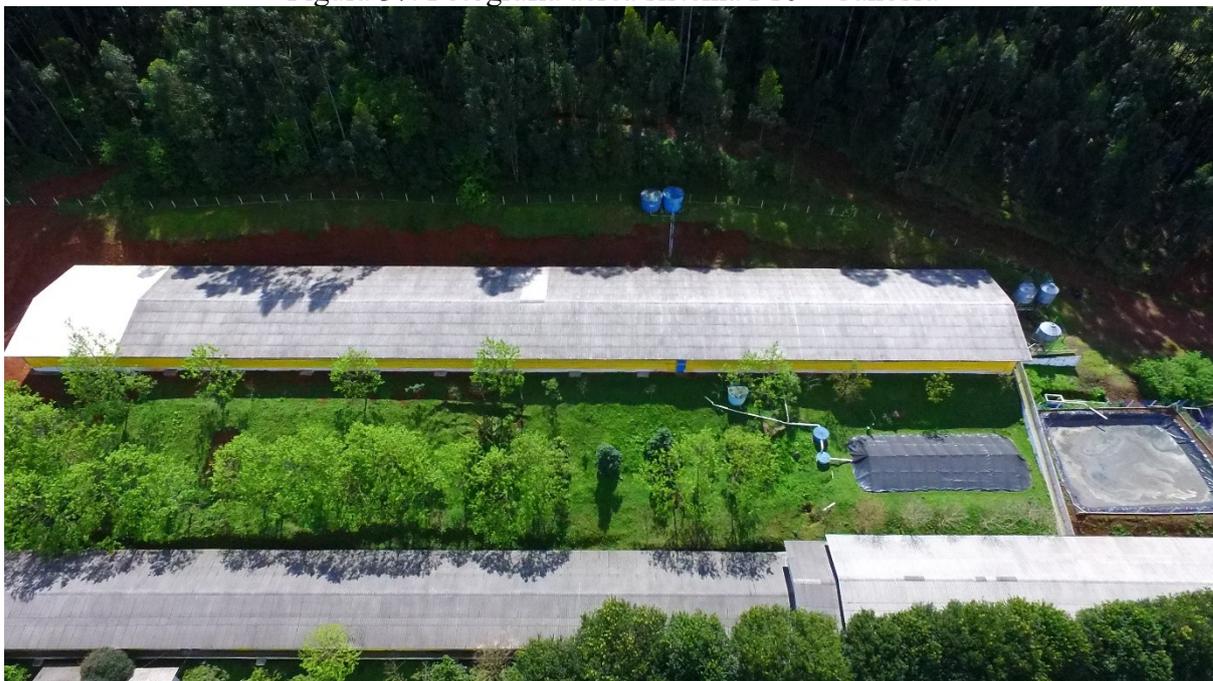
Fotografia: Maikon Waskiewicz (2018)

Figura 36. Fotografia aérea sistema P8 – Schumann



Fotografia: Maikon Waskiewic (2018)

Figura 37. Fotografia aérea sistema P10 – Canossa



Fotografia: Maikon Waskiewic (2018)