

I-050 - QUALIDADE DA ÁGUA PROVENIENTE DE SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA UTILIZADOS NA PRODUÇÃO INTENSIVA DE SUÍNOS E AVES

Caroline Gabriela Hoss⁽¹⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestranda em Engenharia Ambiental pela UFSC.

Alexandre Mathiensen⁽²⁾

Oceanólogo pela Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Mestre em Oceanografia Biológica pela FURG. PhD em Ciências Biológicas pela University of Dundee, com revalidação na área de Ecologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Pesquisador Embrapa Suínos e Aves. Membro do Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Jacutinga e Suas Bacias Hidrográficas Contíguas.

Jorge Manuel Rodrigues Tavares⁽³⁾

Engenheiro Zootécnico pelo Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Portugal (ISA/UL) com validação em Zootecnia pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestre e Doutor em Sustentabilidade na Suinocultura pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental pela UFSC.

Maikon Eduardo Waskiewicz⁽⁴⁾

Biólogo pela Universidade do Contestado (UnC). Integrante da equipe técnica do Consórcio Lambari. Membro do Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Jacutinga e Suas Bacias Hidrográficas Contíguas.

Paulo Belli Filho⁽⁵⁾

Engenheiro Sanitarista pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Doutor em Química Industrial e Ambiental pela Universidade de Rennes I, França (URI). Pós Doutor pela Escola Politécnica de Montreal, Canadá. Professor Associado do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC.

Endereço⁽¹⁾: Rua Douglas Seabra Levier, 163, BLC F, APTO 401 – Florianópolis – Santa Catarina – SC – CEP: 88040 – 410 - Brasil - Tel: (49) 99978-3020 - e-mail: carolg.hoss@gmail.com

RESUMO

O aproveitamento de água da chuva vem se mostrando alternativa promissora para o suprimento da grande demanda de água necessária na produção agropecuária. Somente na Bacia Hidrográfica do Rio Jacutinga e Contíguas, no meio oeste do estado de Santa Catarina, foram identificadas 244 cisternas instaladas, sendo que, em grande maioria, eram utilizadas na dessedentação animal. Porém, a utilização dos sistemas de aproveitamento de água da chuva nesse setor é freada devido à incerteza e preocupação para com a qualidade da água armazenada. Diante disso, o presente estudo se objetivou a analisar a qualidade das águas armazenadas nas cisternas de sistemas de aproveitamento de águas pluviais utilizados na produção de suínos e/ou aves. Para tal, foram selecionadas 34 propriedades rurais (n=34), localizadas no meio oeste catarinense, onde foram realizadas coletas das águas armazenadas em suas respectivas cisternas. Para analisar as possíveis interferências na qualidade da água final, as amostras foram divididas a partir das configurações dos sistemas e as rotinas de manejo e manutenção adotadas para com os sistemas intermediários. Os resultados indicaram pior qualidade nas águas provenientes de sistemas sem dispositivo de descarte dos primeiros escoamentos e/ou filtros, quando comparados com as demais configurações encontradas, salientando a importância da existência dos sistemas intermediários. O manejo e manutenção adotados para com os sistemas intermediários mostrou-se ainda mais decisivo que a configuração dos sistemas para a qualidade da água armazenada. Os parâmetros que por mais vezes excederam os valores máximos permitidos nas normativas utilizadas como referência foram os coliformes totais e *E. coli*. Entretanto deve-se salientar que as águas foram coletadas anteriormente a cloração. Concluiu-se por fim que a qualidade das águas pluviais armazenadas é comparável à de outras fontes utilizadas na dessedentação animal, como a superficial e subterrânea, confirmando seu potencial qualitativo.

PALAVRAS-CHAVE: Água da chuva, qualidade da água, produção animal, cisterna, sistemas intermediários.

INTRODUÇÃO

A água na produção agropecuária intensiva é um fator limitante tanto para o sucesso produtivo quanto para a expansão do rebanho. Esse setor exige grande quantidade de água, que é utilizada em toda a cadeia de produção, como no manejo das pastagens, sanidade animal, limpeza das instalações e dessedentação, entre outros. O estado de Santa Catarina é destaque nacional e internacional na produção e exportação de proteína animal, e concentra a maior parte de seu rebanho (cerca de 80%) na mesorregião do Oeste Catarinense, que corresponde a uma área de menos de 30% do território estadual (BRASIL, 2016). A má qualidade das águas superficiais e a sobre-exploração de poços agravam a situação dos cíclicos períodos de estiagem que costumam afetar a região, evidenciando a necessidade de uma gestão adequada dos recursos hídricos.

Nesse contexto, o aproveitamento de água da chuva se mostra uma alternativa promissora na promoção da segurança hídrica das propriedades de produção intensiva. O bom índice pluviométrico do estado permite captar água em quantidade e em qualidade, já que, em geral, a água da chuva tem uma boa qualidade que, utilizando de procedimento de tratamento simples, torna-se de qualidade suficiente para atender a usos como a dessedentação animal, que é a finalidade mais nobre em um sistema de produção (OLIVEIRA et al., 2012).

Apesar das vantagens da captação e aproveitamento das águas pluviais, a falta de conhecimento do público em geral e das agências governamentais locais sobre a qualidade da água armazenada em cisternas e sua viabilidade têm freado a ampla utilização dos sistemas de aproveitamento (LYE, 2009). Para os produtores de aves e suínos, a utilização da água da chuva já é uma realidade, porém, o uso para dessedentação animal ainda apresenta entraves pela ausência de estudos concretos sobre a adequabilidade qualitativa dessa água para tal finalidade (WASKIEWIC et al., 2017).

Diante do apresentado, a presente pesquisa objetivou-se a analisar a qualidade das águas armazenadas em cisternas utilizadas na produção de aves e suínos, no oeste catarinense. As configurações dos sistemas e as características de manejo também foram avaliadas de forma a relacioná-los com os resultados de qualidade obtidos. Esta pesquisa foi realizada em parceria com o Comitê de Gerenciamento de Bacia Hidrográfica do Rio Jacutinga e Contíguos que, no primeiro semestre de 2017, fez o levantamento e cadastro de cisternas da região do Alto Uruguai Catarinense, onde foram identificadas 244 cisternas. Como segunda fase do trabalho do Comitê, e parte da pesquisa aqui apresentada, fez-se a seleção de alguns dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais cadastrados para que fossem analisadas a qualidade das águas das cisternas.

MATERIAIS E MÉTODOS

O Comitê de Gerenciamento de Bacia Hidrográfica do Rio Jacutinga e Contíguos realizou, no primeiro semestre de 2017, a identificação e cadastramento das cisternas instaladas em sua região de abrangência. Como segunda fase deste trabalho, e material do estudo aqui abordado, foi selecionado uma amostra, com cerca de 40 sistemas de aproveitamento de água da chuva, para avaliar a qualidade das águas armazenadas.

Afim de obter um grupo mais homogêneo, a seleção dos sistemas de aproveitamento baseou-se em alguns critérios, de modo a minimizar o número de interferentes e permitir verificar a possível influência dos componentes do sistema e das rotinas de manejo e manutenção adotadas na qualidade da água armazenada. Os critérios aplicados foram: telhado de fibrocimento como área de captação, o material das calhas ser galvanizado e o abastecimento da cisterna ser feito somente por água da chuva. Para a presente pesquisa, dentre as cisternas selecionadas pelo Comitê, foram avaliadas somente as que eram utilizadas na produção intensiva de suínos e aves. Dessa forma, chegou-se à seleção de trinta e quatro cisternas (n=34).

Dos sistemas selecionados, 18 foram considerados completos (C), possuindo todos os sistemas intermediários (descarte de sólidos grosseiros, descarte dos primeiros escoamentos e filtros) e 16 incompletos (I), sem, pelo menos, um dos sistemas intermediários. Os incompletos foram divididos entre incompletos sem descarte de sólidos grosseiros (IDSG) e incompletos sem desvio dos primeiros escoamentos e/ou filtros (IDPE/F).

Em visita às propriedades rurais, feitas juntamente com o Comitê Jacutinga, foram coletadas informações sobre as características e periodicidade do manejo empregado nos sistemas de aproveitamento de água da chuva. Os sistemas foram divididos conforme o manejo adotado em Bom, Razoável e Ruim (Quadro 1). Neste contexto,

foi considerado como manejo ideal (Bom) a realização do esvaziamento do descarte dos primeiros escoamentos a cada período de chuva e a limpeza das caixas de descarte e filtro em período inferior a 6 meses, conforme indicado por Oliveira et al. (2012). A limpeza de calhas, sistema de descarte de sólidos grosseiros e cisterna não foram levadas em consideração pois substancialmente os proprietários afirmaram não realizar este tipo de manejo.

Quadro 1. Classificação do manejo realizado nos sistemas de aproveitamento de água da chuva.

Classificação	Esvaziamento da caixa de descarte dos primeiros escoamentos	Limpeza do sistema de descarte dos primeiros escoamentos e filtro
Bom	Após cada período de chuva	A cada 6 meses ou menos
Regular	Mensal	Entre 6 meses e 1 ano
Ruim	Nunca	Mais de 1 ano

No decorrer das visitas foram determinados parâmetros “*in loco*”, por meio de Medidor Multiparâmetros Aquaread AP-2000, entre eles: temperatura, pH, condutividade, sólidos dissolvidos totais, potencial de oxirredução, salinidade e oxigênio dissolvido. Foram coletadas amostras da água armazenada nas cisternas para análise de parâmetros físico-químicos (dureza, alcalinidade, amônia, nitrato, nitrito e sulfato), no Complexo de Laboratórios de Ciência e Tecnologia – CLCT, da Universidade do Contestado, e parâmetros microbiológicos (coliformes totais e *Escherichia coli*), no Centro de Diagnósticos de Sanidade Animal – Cedisa. A coleta das amostras e a determinação dos parâmetros com o medidor multiparâmetros foram realizadas em ponto anterior à cloração da água.

Atualmente, não existe normativa legal para avaliação da qualidade da água da chuva quando usada na dessedentação animal. Neste contexto, para avaliar os resultados obtidos na determinação dos parâmetros, foram utilizados os Volumes Máximos Permitidos – VMP para a água potável, definidos pela Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde, e as Resoluções CONAMA 357/2005 para água doce de classe 3 e a CONAMA 396/2008 para água subterrânea com finalidade de dessedentação de animais (BRASIL, 2005; BRASIL 2008; BRASIL, 2011).

RESULTADOS

Os resultados obtidos para os parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados, considerando todas as amostras coletadas (n=34), são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultado da qualidade da água dos sistemas de aproveitamento de água da chuva.

Parâmetros	Médias $\pm \sigma$	Mínimas	Máximas	Nº AFP
Temperatura (°C)	21,3 \pm 2,0	17,9	26,2	x
pH	7,7 \pm 1,0	6,6	11,0	3
Condutividade (μ S/cm)	109,2 \pm 30,9	56,0	219,0	x
SDT (mg/L)	70,7 \pm 19,0	37,0	142,0	0
ORP (mV)	101,4 \pm 97,5	-172,0	257,0	x
Salinidade	0,04 \pm 0,01	0,02	0,07	x
OD (mg/L)	5,5 \pm 1,5	2,5	9,2	4
Dureza total mg/L)	33,8 \pm 9,7	22,0	70,0	0
Dureza em Cálcio (mg/L de Ca ²⁺)	9,3 \pm 2,1	5,6	16,8	x
Dureza em Magnésio (mg/L de Mg ²⁺)	2,5 \pm 1,9	0,2	11,5	x
Alcalinidade Total (mg/L)	31,2 \pm 7,0	18,0	50,0	x
Amônia (mg/L NH ₃)	0,13 \pm 0,25	0,00	1,28	0
Sulfato (mg/L)	0,57 \pm 0,73	0,00	3,56	0
Nitrito (mg/L N)	0,05 \pm 0,07	0,00	0,32	0
Nitrato (mg/L N)	3,0 \pm 2,1	0,2	12,8	1
Coliformes totais (UFC/mL)	9,2 \pm 11,4	0,0	47,0	31
<i>Escherichia coli</i> (UFC/mL)	1,1 \pm 2,1	0,0	10,0	15

$\pm \sigma$ – mais ou menos o desvio padrão; Nº AFP – número de amostras com valores fora do VMP mais restritivo entre as normativas utilizadas para o parâmetro em questão; x – VMPs não definidos por nenhuma das normativas utilizadas.

Das 34 amostras de água coletadas, três (n=3) apresentaram os valores de todos os parâmetros determinados dentro dos VMPs mais restritivos da Portaria 2.914/2011 e das Resoluções CONAMA 357/2005 e 396/2008. Os parâmetros que ficaram com maior frequência acima dos VMPs recomendados foram os coliformes totais e a *Escherichia Coli*, sendo identificados em 88,6% e 42,9% das amostras analisadas, respectivamente. Deve ser salientado que as coletas foram realizadas em pontos anteriores à desinfecção das águas, que tem função de eliminar os microrganismos. As amostras com oxigênio dissolvido em concentração inferior a 4,0 mg/L, valor mínimo indicado pela CONAMA 357/2005, foram encontradas em amostragens coletadas diretamente do interior do reservatório, onde a água permanece parada e fechada por vários dias, com pouco contato com o oxigênio atmosférico.

Os resultados obtidos mostraram que 91,2% das amostras apresentaram pH dentro dos VMP mais restritivos das normativas utilizadas (na faixa de 6,0 e 9,0). As três amostras (n=3) que possuíam pH fora deste intervalo, exibiram valor superior a 9,0, sendo que duas delas apresentavam pH acima de 9,5, sendo este o limite da Portaria 2.914/2011. Essa elevação do pH, em relação ao que se espera da água da chuva (levemente ácida, devido à interação com o CO₂ atmosférico), indica alteração da água em sua passagem pela área de captação e dispositivos do sistema e/ou interação com o material da cisterna, onde a mesma costuma ficar em contato durante muitos dias.

Para melhor análise dos resultados, as amostras analisadas foram divididas segundo as configurações do sistema: completos (C), incompletos (I) (especificamente IDSG e IDPF/F), e manejo (bom, razoável e ruim). Quando divididas segundo as configurações do sistema e manejo, as médias de pH encontradas nos subgrupos mantiveram-se entre 7,4 e 7,9. Para a maioria dos demais parâmetros, incluindo os microbiológicos, houve variação significativa nas médias resultantes da divisão das amostras por configuração dos sistemas e manejo. As Figuras 1 e 2 apresentam os resultados obtidos a partir das subdivisões para os parâmetros coliformes totais e *E. coli*, respectivamente.

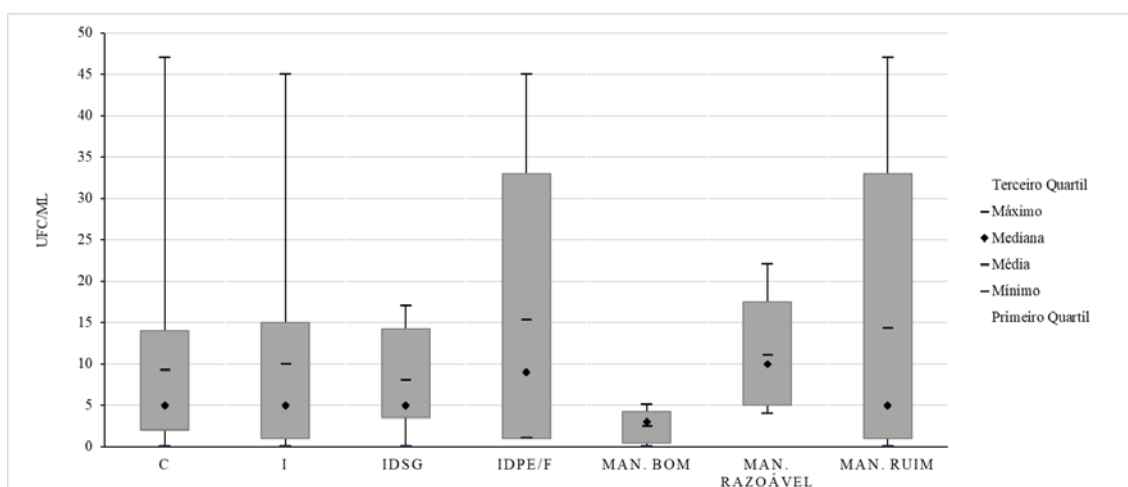


Figura 1 – Representação em Box-plot dos resultados obtidos para o parâmetro coliformes totais nos diferentes subgrupos definidos a partir da configuração dos sistemas e das características de manejo.

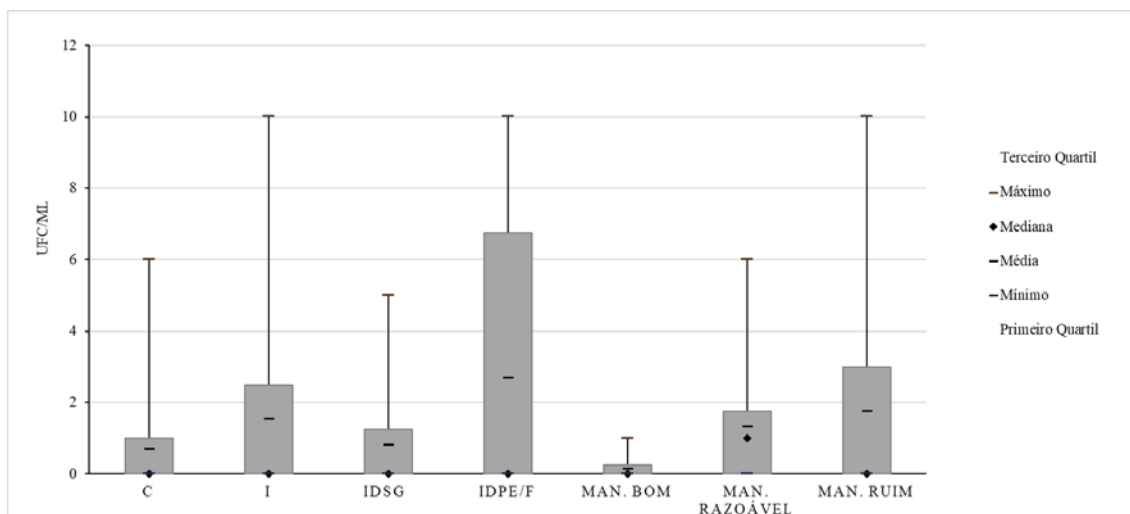


Figura 2 – Representação em Box-plot dos resultados obtidos para o parâmetro *E. coli* nos diferentes subgrupos definidos a partir da configuração dos sistemas e das características de manejo.

C – Sistemas completos; I – Sistemas incompletos: sem, pelo menos; IDSG – Sistemas incompletos sem descarte de sólidos grosseiros; IDPE/F – Sistemas incompletos sem desvio dos primeiros escoamentos e/ou filtro; MAN. – manejo.

Os maiores valores, em UFC/mL, para os parâmetros coliformes totais e de *Escherichia coli* foram determinados nos sistemas de aproveitamento de água da chuva IDPE/F. Pode-se observar que este subgrupo aumenta os valores médios obtidos do grupo dos I, já que os IDSG exibiram quantidades semelhantes às amostras provenientes de sistemas C. Esse resultado indica também que o descarte de sólidos grosseiros não, essencialmente, melhora a qualidade da água em seu âmbito microbiológico.

Os resultados obtidos a partir das divisões segundo o manejo apresentaram diferença ainda mais acentuada que as encontradas nas diferentes configurações, sendo que os sistemas com manejo considerado ruim excederam, em média, os de manejo bom em mais de 400%, e no caso da *E. coli* a média foi mais de 500% maior. Foi possível observar que o manejo adequado reduziu não só a média de coliformes, mas também as variações, indicando a obtenção de água de melhor qualidade. Para os demais parâmetros, os resultados determinados foram semelhantes, apesar das médias apresentarem-se, em todos os demais parâmetros, dentro dos VMPs das normativas utilizadas. As Figuras 3 e 4 exibem os resultados encontrados para os parâmetros nitrato e sólidos dissolvidos totais, respectivamente.

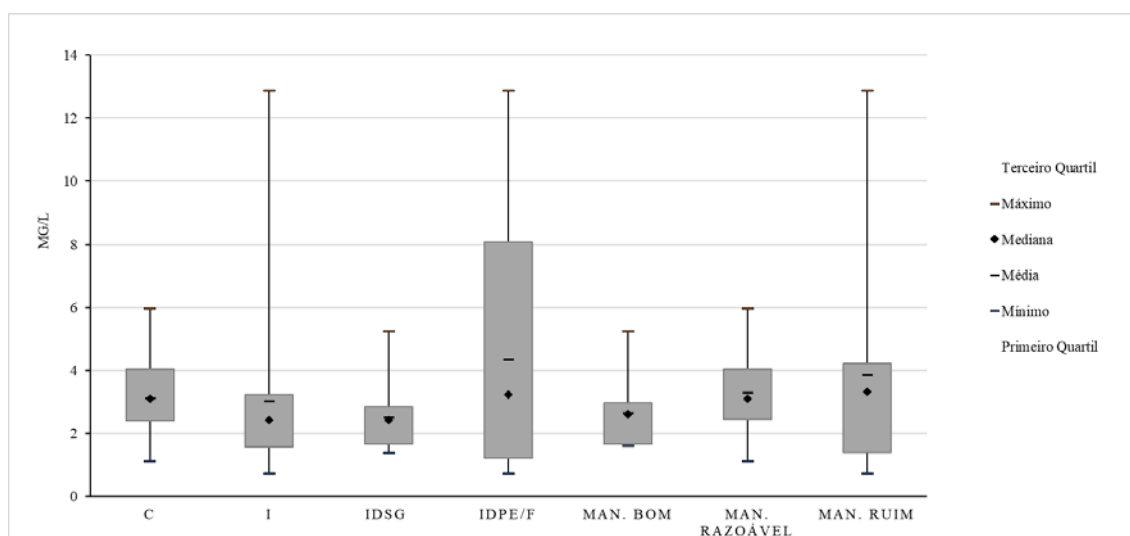


Figura 3 – Representação em Box-plot dos resultados obtidos para o parâmetro nitrato nos diferentes subgrupos definidos a partir da configuração dos sistemas e das características de manejo.

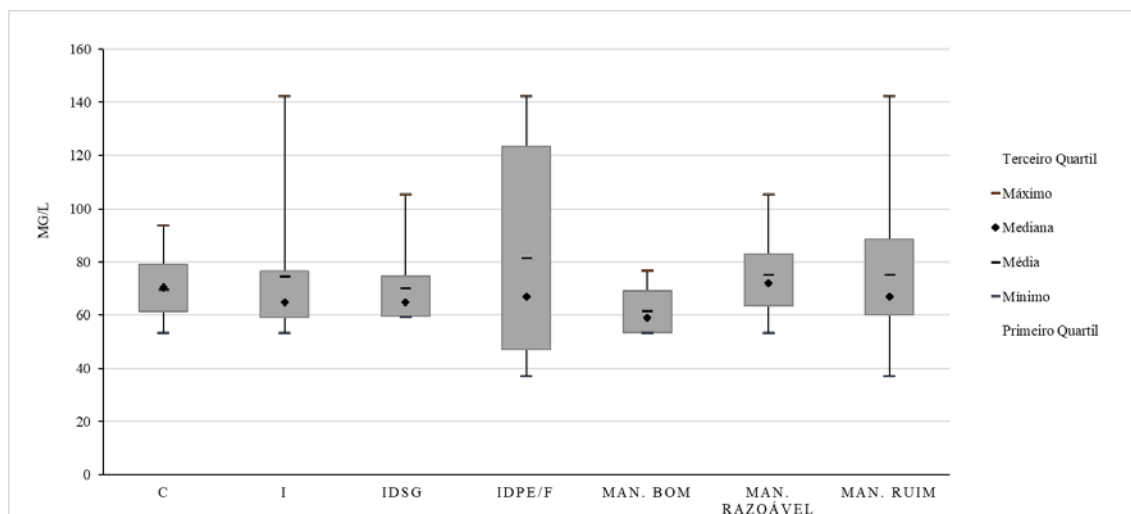


Figura 4 – Representação em Box-plot dos resultados obtidos para o parâmetro sólidos dissolvidos totais nos diferentes subgrupos definidos a partir da configuração dos sistemas e das características de manejo.

C – Sistemas completos; I – Sistemas incompletos: sem, pelo menos; IDSG – Sistemas incompletos sem descarte de sólidos grosseiros; IDPE/F – Sistemas incompletos sem desvio dos primeiros escoamentos e/ou filtro; MAN. – manejo.

Uma única amostra, proveniente de um sistema IDPE/F e de manejo considerado ruim, excedeu o limite mais restritivo recomendado para o parâmetro N-nitrato (10 mg/L de N), apresentando concentração de 12,8 mg/L. É possível observar que os IDPE/F apresentaram concentrações mais variáveis e que, novamente, os sistemas com manejo bom apresentaram menores concentrações com menores variações. O nitrato é o parâmetro que melhor representa possíveis contaminações no sistema pois é o produto final da oxidação do nitrogênio, sendo assim, indicador de poluição remota, o que se espera de uma água reservada por muitos dias.

A mesma amostra que excedeu o VMP de nitrato, apresentou também os maiores valores determinados para os parâmetros: sólidos dissolvidos totais (SDT), condutividade e salinidade, apesar de não exceder o VMP para os SDT, mas exibindo-se bem acima dos valores encontrados em outras amostras, indicando existência de contaminação no sistema em questão. Essa contaminação é proveniente, em princípio, da entrada de detritos contaminados existentes na área de captação, já que o sistema não descarta a água que faz a lavagem da atmosfera e do telhado. Porém, podem haver outras fontes de contaminação, como a falta de limpeza do filtro e/ou reservatório e a possível existência de furos ou aberturas na cisterna onde podem adentrar contaminantes.

Sobre a qualidade das outras fontes de água utilizadas na produção de suínos e aves, na mesma área de estudo, temos, como exemplo, o estudo realizado por Comassetto et al. (2014) sobre as águas subterrâneas e o de Matthiensen et al. (2015) sobre água superficial. Das águas subterrâneas, 76% das análises apresentaram pelo menos um parâmetro fora dos limites de potabilidade, sendo que em 62% das amostras foi determinada a presença de coliformes totais e em 16% a existência de *Escherichia coli*. Algumas amostras (menos de 10%) exibiram, ainda, concentrações acima do VMP nos parâmetros flúor, manganês, ferro, alumínio, sulfato e nitrato (COMASSETTO et al., 2014). Os resultados do monitoramento da qualidade da água do rio Queimados, na cidade de Concórdia, apontaram concentrações elevadas em parâmetros como nutrientes (concentrações de N-nitrato, N-nitrito e fósforo total), sólidos totais e coliformes fecais (*E. coli*) em grande parte do rio, em praticamente todo o período do ano (MATTHIENSEN et al., 2015).

CONCLUSÕES

A maioria dos parâmetros de qualidade da água avaliados encontraram-se dentro dos VMPs mais restritivos da Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde e das Resoluções CONAMA 357/2005 para água doce de classe 3 e 396/2008 para água subterrânea com finalidade de dessedentação de animais. Os parâmetros que mais excederam os VMPs das normativas utilizadas foram os coliformes totais e *Escherichia coli*, porém, é importante salientar que a água armazenada nas cisternas deve passar por processo de desinfecção, antes de ser utilizada para dessedentação animal.

Observou-se que os sistemas de aproveitamento de água da chuva que não possuíam sistema de descarte dos primeiros escoamentos e/ou filtros apresentaram as maiores quantidades de coliformes totais e E. coli, assim como maiores concentrações e variações nos demais parâmetros. Resultado esse que demonstra a importância dos sistemas intermediários na qualidade da água final.

O manejo do sistema de aproveitamento de água da chuva mostrou-se fator ainda mais decisivo que a configuração dos sistemas para a qualidade da água, em todos os parâmetros determinados. Os sistemas que possuíam um manejo considerado bom apresentaram médias e variâncias menores em todos os parâmetros analisados. Apesar disso, constatou-se que o manejo é muito deficiente, sendo que em menos de 30% dos sistemas avaliados o manejo enquadrou-se como bom, mesmo não considerando a limpeza das calhas, sistema de descarte de sólidos grosseiros e reservatório como critério para a classificação.

Ao comparar os resultados de qualidade da água obtidos com o de outras fontes utilizadas na produção de suínos e aves da região da Bacia Hidrográfica do Rio Jacutinga, conclui-se que a água da chuva possui qualidade semelhante e, em alguns parâmetros, até superior às águas superficiais e subterrâneas. Todavia, é necessário que os sistemas sejam instalados de forma correta, dando-se a devida atenção aos sistemas intermediários e às rotinas de manejo adotadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 357 de 17 de março de 2005.
2. _____. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 397 de 03 de abril de 2008.
3. _____. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. DOU, Brasília: 26dez. 2011, Seção I, p.266.
4. _____. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Pecuária Municipal 2016. Rio de Janeiro, v. 44, 2016. 51p
5. 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 - XVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, XIX ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS, VIII FEIRA NACIONAL DA ÁGUA-FENÁGUA. 2014. Anais. Belo Horizonte, 2014.
6. LYE, D. J. *Rooftop runoff as a source of contamination: A review. Science of the Total Environment*, v. 407, n. 21, p. 5429-5434, 2009
7. 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. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves. 2012. (Documentos, 157).
8. WASKIEWIC, M. E.; COMASSETTO, 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) – XXII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. 2017. Anais. Florianópolis, 2017.