

QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DE BEBIDA DE SUÍNOS E AVES DE DIFERENTES FONTES DO RIO GRANDE DO SUL/BRASIL E SUA RELAÇÃO COM CONSUMO DE ACIDIFICANTES E AGENTES BIOCIDAS

Data de aceite: 26/01/2024

Ana Luísa da Costa

Universidade Federal de Santa Maria,
Centro de Ciências Rurais
Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil
<https://orcid.org/0009-0004-8481-0680>

Michele Fangmeier

American Nutrients do Brasil Indústria
e Comércio Ltda, Grupo de pesquisa e
desenvolvimento
Teutônia, Rio Grande do Sul, Brasil
<https://orcid.org/0009-0003-9479-4971>

Fernanda Richter

American Nutrients do Brasil Indústria
e Comércio Ltda, Grupo de pesquisa e
desenvolvimento
Teutônia, Rio Grande do Sul, Brasil
<https://orcid.org/0009-0005-9742-7354>

Daiane Carvalho

American Nutrients do Brasil Indústria
e Comércio Ltda, Grupo de pesquisa e
desenvolvimento
Teutônia, Rio Grande do Sul, Brasil
<https://orcid.org/0000-0003-2662-8579>

Luana Specht

American Nutrients do Brasil Indústria
e Comércio Ltda, Grupo de pesquisa e
desenvolvimento
Teutônia, Rio Grande do Sul, Brasil
<https://orcid.org/0009-0007-1759-3980>

Aline Brackmann

American Nutrients do Brasil Indústria
e Comércio Ltda, Grupo de pesquisa e
desenvolvimento
Teutônia, Rio Grande do Sul, Brasil
<https://orcid.org/0009-0001-2867-9460>

RESUMO: A água é fundamental na produção de suínos e aves e deve ser fornecida com qualidade suficiente, em quantidade suficiente e com pH ajustado para manter as funções fisiológicas. O objetivo foi avaliar a qualidade físico-química e microbiológica e o consumo de um acidificante comercial e três biocidas clorados em águas de propriedades rurais localizadas no Vale do Taquari, RS, Brasil, por meio de pH, cloro residual livre, potencial de oxirredução (ORP), alcalinidade total, dureza total, cor aparente, turbidez, sólidos totais dissolvidos, nitratos e nitritos, contagem de coliformes totais, *Escherichia coli* e *Salmonella* spp.. Alterações nas concentrações de nitratos, presença de contaminação microbiana, correlação muito forte entre alcalinidade e acidificante consumo e baixo consumo de hipoclorito de cálcio. Concluiu-se que não há alterações

físico-químicas relevantes, evidenciando a presença de contaminação bacteriana, reforçando a necessidade de tratamento da água.

PALAVRAS – CHAVE: Contaminação microbiológica, pH, aves, suínos, água

PHYSICAL-CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL QUALITY OF SWINE AND POULTRY DRINKING WATER FROM DIFFERENT SOURCES IN RIO GRANDE DO SUL/BRAZIL AND ITS RELATIONSHIP WITH CONSUMPTION OF ACIDIFIERS AND BIOCIDAL AGENTS

ABSTRACT: Water is fundamental in the production of swine and poultry and must be supplied in sufficient quality, in sufficient quantity an adjusted pH to maintain physiological functions. The objective was to evaluate the physical-chemical and microbiological quality and consumption of a commercial acidifier and three chlorine biocidal agents in water from rural properties located in Vale do Taquari, RS, Brazil, by means of pH, free residual chlorine, redox potential (ORP), total alkalinity, total hardness, apparent color, turbidity, total dissolved solids, nitrates and nitrites, total coliform count, *Escherichia coli* and *Salmonella* spp.. Changes in nitrate concentrations, presence of microbial contamination, very strong correlation between alkalinity and acidifier consumption and low consumption of calcium hypochlorite. It was concluded that there are no relevant physical-chemical changes, highlighting the presence of bacterial contamination, reinforcing the need for water treatment.

KEYWORDS: Microbiological contamination, pH, poultry, swine, water.

INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial para a manutenção da vida no planeta, desempenhando importantes funções biológicas nos organismos vivos. As fontes de água para consumo dos animais podem ser provenientes de rios, córregos e córregos, lagos e lagoas, nascentes, poços, captação de água de chuva e água oferecida por empresas de saneamento (Palhares, 2014). É amplamente divulgado que a falta de qualidade da água na produção animal desencadeia uma série de doenças em suínos e aves, como diarreias e infecções do trato urinário, o que afeta negativamente o desempenho sanitário e zootécnico dos animais (Padilha et al., 2013; Palhares, 2014).

Apesar de sua grande importância, a água ainda é considerada um nutriente esquecido quando comparada à alimentação, genética, vacinação e manejo, devido à grande disponibilidade de água nas regiões de produção (Palhares & Kunz, 2011; Manu & Baidoo, 2020). A qualidade da água é determinada através de parâmetros físicos, químicos e biológicos (Mutlu & Kurnaz, 2018). No Brasil, órgãos como a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabelecem padrões para a potabilidade da água. De acordo com a Portaria GM/MS nº 888/2021 (Brasil, 2021) e a Resolução nº 396/2008 (Brasil, 2008), a água utilizada concomitantemente entre animais e humanos deve estar livre de coliformes totais e *Escherichia coli*. Porém, não há informações concretas sobre a frequência de análises de água nas propriedades rurais na

legislação. No entanto, esta periodicidade de análises depende das políticas sanitárias e de biossegurança das empresas integradoras às quais estão vinculados os produtores de suínos e aves.

Para a descontaminação da água é indicado o uso de agentes biocidas à base de cloro, devido ao seu baixo custo, alta ação germicida (bactérias, algas e fungos) e ampla disponibilidade (Rodrigues & Scalize, 2019). Somado a isso, o cloro proporciona efeito residual livre, o que ajuda a manter a potabilidade da água durante o armazenamento e distribuição, por isso é o processo mais utilizado nas propriedades rurais (Otenio *et al.*, 2010; Rodrigues & Scalize, 2019).

Os biocidas à base de cloro, em contato com a água, formam ácido hipocloroso (conhecido como biocida forte, com elevado poder de descontaminação), íon hipoclorito (biocida fraco, contribui para a descontaminação, mas em menor proporção) e um subproduto, relacionado com o tipo de cloro e insumos utilizados em sua produção (Silva & Valentini, 2020). Dentre os agentes utilizados para descontaminação da água, destacam-se o cloro gasoso, o hipoclorito de cálcio, o hipoclorito de sódio, o dicloroisocianurato de sódio (dicloro) e o ácido tricloroisocianúrico (tricloro) (França & Santos, 2019). O cloro possui excelente ação desinfetante na água, porém, em pHs acima de 8,0 a ação tende a diminuir, devido à redução na formação de ácido hipocloroso (Rossi-Fedele *et al.*, 2011). Assim, a utilização de acidificantes na água de consumo dos animais é uma importante ferramenta para regulação do pH, visando o melhor funcionamento do cloro.

O uso de acidificantes vem se intensificando com a crescente proibição do uso de antibióticos como promotores de crescimento (Xu *et al.*, 2022). Um processo de acidificação promove melhorias na absorção de nutrientes, conversão alimentar, consumo de ração, equilíbrio da microbiota, potencializa a ação da pepsina e tripsina e inibe a multiplicação de enterobactérias patogênicas ao longo do trato gastrointestinal (Busser *et al.*, 2011; Khan & Iqbal, 2015; Xu *et al.*, 2022). Porém, quando a acidificação é realizada manualmente, o pH da água oscila ao longo da produção e gera perdas relacionadas à supressão de bactérias benéficas, diarreias, infecções, redução da digestão e da absorção de nutrientes (Escuredo *et al.*, 2016; Firrman *et al.*, 2022).

A utilização de acidificantes ocorre basicamente de duas formas: via água ou ração. A administração de ácidos via ração é um desafio, devido a uma possível interação com os demais componentes da fórmula (Xu *et al.*, 2022). Além disso, via de regra, os animais ingerem mais água do que ração, o que torna a acidificação da água de bebida mais interessante e eficiente, facilitando inclusive o controle por parte do produtor, já que a dosagem pode ser alterada a qualquer momento, de acordo com as fases de vida dos suínos e aves (Escuredo *et al.*, 2016). A água acidificada promove o aumento do consumo em comparação com a água com pH elevado (Escuredo *et al.*, 2016). Conseqüentemente, aumenta o consumo de ração, melhora o desempenho zootécnico, reduz a excreção fecal de bactérias patogênicas, melhora a modulação intestinal da microbiota intestinal, saúde

hepática e a ação dos hormônios tireoidianos, garantindo o equilíbrio homeostático do organismo (Escuredo *et al.*, 2016; Hajati, 2018; Luise *et al.*, 2020; Pearlin *et al.*, 2020). Geralmente, os acidificantes disponíveis comercialmente são compostos por uma mistura de ácidos orgânicos com ou sem ácido inorgânico. Dentre os ácidos orgânicos mais comuns, podemos destacar produtos à base de ácido fórmico, ácido acético, ácido propiônico e ácido láctico (Escuredo *et al.*, 2016; Xu *et al.*, 2022).

Tendo em vista a importância da água na produção de aves e suínos, este estudo teve como objetivo avaliar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos de diferentes águas provenientes de propriedades de criação de aves e suínos na região do Vale do Taquari/RS, bem como a influência na o consumo de um acidificante comercial e de três biocidas à base de cloro comumente utilizados no tratamento de água, de acordo com estudos publicados anteriormente e práticas encontradas na área.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo e coleta de água

As coletas de água bruta foram realizadas no período de 9 de setembro a 27 de outubro de 2022 em 13 propriedades rurais produtoras de aves e suínos localizadas em cinco municípios do Vale do Taquari, no estado do Rio Grande do Sul/RS, Brasil, conforme Figura 1. Todas as propriedades são vinculadas a uma cooperativa da região de análise e foram selecionadas entre as propriedades de integração de suínos e aves devido à variabilidade de pH, variando de pH 6,0 a pH 9,0, e fontes (poços artesianos e nascente/vertentes de água), diagnosticadas pelos técnicos da cooperativa com as visitas mensais. Amostras de água foram coletadas diretamente da fonte, com ausência de cloro residual livre. Como não existem leis específicas para qualidade da água na produção animal, este estudo utilizou parâmetros de qualidade da água para humanos, conforme ANVISA (Brasil, 2021) e CONAMA (Brasil, 2008).

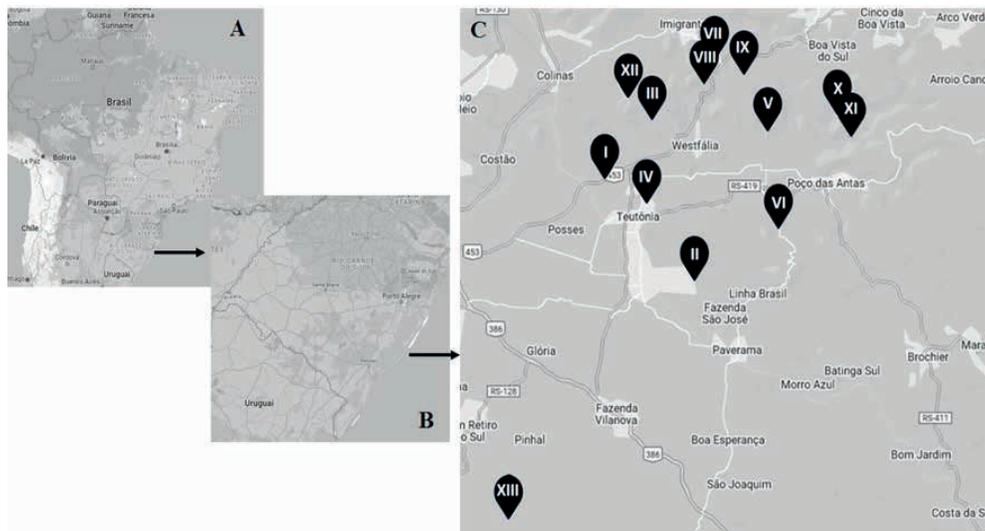


Figura 1. Mapa geográfico do Brasil (Figura A), Rio Grande do Sul (Figura B) e Região do Vale do Taquari com localização das 13 propriedades produtoras de suínos e aves (Figura C) onde foram coletadas amostras de água para avaliação físico-química, microbiológica e para realização de curvas de acidificação e cloração.

Legenda: propriedades I a VI localizados no município de Teutônia/RS, VII a IX em Westfália/RS, X e XI em Poço das Antas/RS, XII em Colinas/RS e XIII em Bom Retiro do Sul/RS.

Em cada ponto foram coletados aproximadamente 76,1 litros de água, os quais foram colocados em 15 bombonas de 5 litros para realização das curvas de acidificação e cloração, já que foram utilizados 5 litros de água em cada curva, o restante do volume de água foi armazenado em 5 frascos específicos para análises físico-químicas e microbiológicas. Os frascos específicos foram acondicionados em caixas isotérmicas e encaminhados para análise.

Foram registrados todos os seguintes dados: nome da propriedade, data e horário da coleta, origem da água, profundidade do poço, tempo de perfuração do poço artesiano, temperatura ambiente e da amostra da água, precipitação média do mês, descrição do entorno da área quanto à presença de galpões, matas, outras propriedades com gado, tipo de gado (suínos e/ou aves). As informações de precipitação média mensal foram obtidas junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), que contabiliza os dados meteorológicos por meio de estações.

Análises físico – químicas

As seguintes análises físico-químicas foram realizadas em triplicata: pH – método pHmetro de bancada (Digimed, São Paulo, Brasil), cloro residual livre – mensurado pelo dosador portátil de cloro livre cloro total MW-11 Milwaukee (Akso, São Leopoldo, Brasil), turbidez – método que mede turbidez em líquidos (Akso, São Leopoldo, Brasil), cor aparente

– método Platina-Cobalto (Akso, São Leopoldo, Brasil), ORP – método medidor de ORP de bolso (Akso, São Leopoldo, Brasil), total alcalinidade por titulação (SMWW 23 0 2320 B), dureza total por ICP (espectrômetro) e cálculo (SMWWW 23 0 2340 B e SMWWW 23 0 2340 C), nitratos e nitritos (como nitrogênio) por cromatografia iônica (EPA 300.1:1997) e sólidos totais dissolvidos por condutivimetria (SMWWW 23 0 2510 A e B; SMWWW 230 2540 C) (INMETRO, 2019). As análises de alcalinidade total, dureza total, nitratos, nitritos e sólidos totais dissolvidos foram realizadas em laboratório externo.

Análises microbiológicas

Análises microbiológicas de coliformes totais, *Escherichia coli* e *Salmonella* spp. foram realizadas em triplicata. Para determinação de coliformes totais e *Escherichia coli* em água foi utilizada a metodologia SMWW 23 9221 C e 23 9223 B (IMETRO, 2019). A análise de *Salmonella* spp. não está indicado na legislação de referência, mas foi avaliado por ser um patógeno de importância para a saúde pública que pode ser transmitido a animais e humanos por meio de alimentos e água contaminados (Evangelista & Luciano, 2021). Para a determinação de *Salmonella* spp. foi utilizada a metodologia SMWW 23 9260 B (IMETRO, 2019). Devido à metodologia de avaliação do número mais provável (NMP) de microrganismos nos caldos, não foi possível determinar a média e o desvio padrão, portanto os resultados mais expressivos obtidos nas três repetições foram utilizados para compilação neste trabalho.

Quantificação do consumo de acidificante e de agentes biocidas

As amostras de água bruta passaram por três processos de tratamento, conforme Figura 2, com o objetivo de quantificar o consumo de acidificante comercial (à base de ácido ascórbico, ácido cítrico, ácido fosfórico, aromatizante, fosfato monossódico e água) e agentes biocidas (hipoclorito de cálcio 65%, tricloro 90% e hipoclorito de sódio 12%). O tricloro e o hipoclorito de cálcio, por serem sólidos, foram previamente diluídos em água potável com pH próximo a 7,0 para obter uma solução saturada de cloro a 1%.

Todos os processos foram realizados em duplicata no laboratório com monitoramento de pH (pHmetro portátil - Digimed, São Paulo, Brasil) e ORP (Medidor de ORP de bolso – Akso, São Leopoldo, Brasil). Nos processos de cloração também se mensurou o cloro residual livre (Medidor de cloro livre e total - Akso, São Leopoldo, Brazil). Os cloros e o acidificante foram dosados por meio de seringa de insulina pesada em balança de precisão modelo M214A (BEL ENGINEERING, Piracicaba, Brasil).

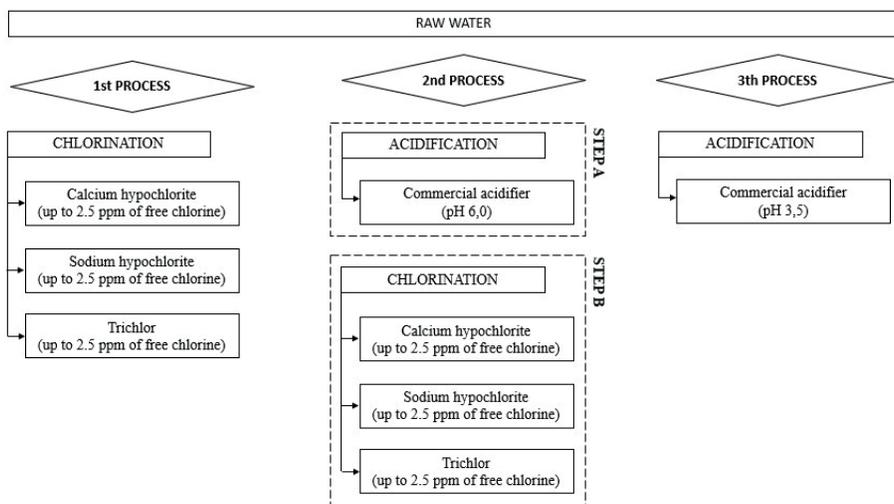


Figura 2. Processos de tratamento de água bruta das 13 propriedades analisadas.

No 1st PROCESS três jarras de água de plástico com capacidade de 5 litros foram preenchidas com a amostra de água coletada e cloradas até 2,5 ppm de cloro residual livre, sem alterar o pH da amostra. Cada jarra foi clorada com um tipo diferente de cloro. No 2nd PROCESS, novamente, utilizou-se três jarras preenchidas com 5 litros de água que foram previamente acidificadas até pH 6,0 (2nd PROCESS STEP A), seguida do processo de cloração (2nd PROCESS STEP B) igual ao 1st PROCESS. No 3th PROCESS uma jarra preenchida com 5 litros de água foi acidificada até obter pH 3,5. A cloração da água com 2,5 ppm de cloro foi estabelecida para trabalhar com valor intermediário de acordo com a Portaria GM/MS nº 888/2021, que indica a faixa de cloro entre 0,2 a 5,0 ppm. A escolha do pH 6,0 e pH 3,5 se deve ao fato de ser recomendado pH 6,0 para aves (Farias et al., 2016) e pH 3,5 para suínos (Escuredo *et al.*, 2016).

Análise estatística

Os dados referentes às análises físico-químicas e microbiológicas, consumo de agentes biocidas e acidificantes foram analisados por meio de estatística descritiva com cálculo de média e desvio padrão. Para verificar o grau de correlação entre as variáveis profundidade do poço, nitratos/nitritos, alcalinidade, dureza, pH, consumo de acidificante até pH 3,5 e pH 6,0, foi utilizado o teste de correlação de Pearson. Para interpretar o grau de correlação, considerou-se $r = 0$ nulo, entre 0 e 0,3 = fraco, entre 0,3 e 0,6 = regular; 0,6 e 0,9 = forte, entre 0,9 e 1 = muito forte e 1 = completo ou perfeito (Callegari-Jacques, 2007). O consumo de diferentes agentes à base de cloro foi comparado por meio de Análise de Variância (ANOVA) e como testes post hoc foi utilizado o Hol-Sidak para comparações

múltiplas. Todas as análises foram realizadas considerando nível de significância de 5% ($p < 0,05$) utilizando o software GraphPad Prism versão 6.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dados registrados na coleta

Das propriedades avaliadas, 30,77% (4/13) produziam suínos de creche, 7,69% (1/13) frangos de corte, 15,38% (2/13) aves poedeiras, 7,69% (1/13) poedeiras e frangos de corte, 15,38% (2/13) de suínos em fase de creche e frangos de corte e 23,08% (3/13) possuíam unidade de produção de leitões. Em 85% (11/13) a água foi captada em poço artesiano (PO) e 15% (2/13) em fonte/nascente (VE). O poço artesiano é uma forma eficiente de captação de águas profundas por meio de perfuração. A água proveniente de mananciais/nascentes flui naturalmente do aquífero, interceptando a superfície e originando um corpo de água superficial (Hirata *et al.*, 2019). Tanto a água dos poços quanto a das fontes/nascentes geralmente apresentam baixo risco de contaminação, estão localizadas dentro dos limites da propriedade e sua qualidade depende do manejo do produtor, proteção e isolamento das nascentes do contato humano e animal, poços construídos de acordo com as recomendações técnicas e bem conservadas, além do uso consciente de fertilizantes e agroquímicos (Palhares, 2014). Este estudo abrangeu poços artesanais com profundidade de 60 a 600 metros e tempo de construção de 6 meses a 30 anos. A precipitação média durante as recolhas foi de 97 mm em Setembro e 60,4 mm em Outubro (Instituto Nacional de Meteorologia, 2022). Em geral, o entorno dos mananciais contava com galpões para criação de aves, suínos e bovinos, depósitos de dejetos de animais, residências e roças. Dentre as propriedades, 53,85% são produtores de suínos, 30,77% são aves de postura ou desmancha e 15,38% são produtores de aves e suínos. Conforme previsto, a maioria das propriedades (84,62%) utiliza a mesma água destinada ao consumo animal, também para consumo humano.

Análises físico – químicas

Os resultados médios e desvio padrão das análises físico-químicas, Tabela 1, das águas captadas em 13 propriedades rurais, foram confrontados com os padrões de potabilidade da água para consumo humano, considerando que a maioria das propriedades utiliza a mesma água para consumo humano e animal.

Pontos ¹	pH	Turbidez ²	Cor aparente ²	Alcalinidade total	Dureza total ²	ORP ⁴	Sólidos dissolvidos totais ^{2,3}	Nitritos ^{2,3}	Nitratos ^{2,3}
PO 01	7.05 ± 0.11	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	100.8 ± 0.00	115.70 ± 0.00	426 ± 152	142.00 ± 1.00	>0.02 ± 0.00	6.66 ± 0.10
PO 02	7.12 ± 0.04	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	97.33 ± 0.60	99.77 ± 5.37	420 ± 116	109.67 ± 0.76	>0.02 ± 0.00	2.69 ± 0.01
PO 03	8.16 ± 0.2	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	60.07 ± 1.70	36.97 ± 0.76	450 ± 145	89.80 ± 1.65	>0.02 ± 0.00	1.96 ± 0.11
PO 04	8.95 ± 0.02	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	99.97 ± 0.55	24.93 ± 0.50	336 ± 29	151.00 ± 1.00	>0.02 ± 0.00	0.14 ± 0.01
PO 05	7.32 ± 0.04	2.21 ± 2.00	0.00 ± 0.00	132.57 ± 0.55	103.30 ± 0.44	237 ± 7	147.33 ± 2.08	>0.02 ± 0.00	0.50 ± 0.07
PO 06	7.15 ± 0.03	0.14 ± 0.24	0.00 ± 0.00	74.97 ± 7.93	84.7 ± 2.22	262 ± 4	105.33 ± 0.40	0.03 ± 0.01	3.44 ± 0.01
PO 07	6.57 ± 0.02	0.86 ± 0.15	0.00 ± 0.00	91.33 ± 1.29	118.10 ± 1.08	295 ± 16	149.67 ± 0.58	>0.02 ± 0.00	11.10 ± 0.32
PO 08	7.24 ± 0.03	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	131.10 ± 2.16	217.60 ± 3.75	307 ± 40	243.33 ± 3.06	>0.02 ± 0.00	14.99 ± 0.86
PO 09	8.82 ± 0.02	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	190.10 ± 1.65	21.63 ± 0.25	242 ± 10	218.33 ± 1.53	>0.02 ± 0.00	0.22 ± 0.02
PO 10	8.20 ± 0.06	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	140.50 ± 2.94	56.27 ± 0.15	471 ± 146	173.33 ± 3.79	>0.02 ± 0.00	2.87 ± 0.02
PO 11	6.99 ± 0.02	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	92.3 ± 1.31	95.97 ± 0.75	410 ± 28	100.80 ± 1.05	>0.02 ± 0.00	2.67 ± 0.06
VE 01	6.36 ± 0.16	0.10 ± 0.14	0.00 ± 0.00	17.37 ± 3.95	20.80 ± 0.17	349 ± 2	34.43 ± 0.38	>0.02 ± 0.00	3.26 ± 0.03
VE 02	8.42 ± 0.38	3.79 ± 0.36	8.00 ± 0.60	34.20 ± 0.46	38.43 ± 0.67	313 ± 29	42.97 ± 0.76	>0.02 ± 0.00	1.38 ± 0.03

*NOTA: Valores de referência conforme legislação: 1Pontos, PO significa água de poço artesiano e VE de nascente/manancial. 2 BRASIL. Resolução CONAMA nº 396 de 2008: Sólidos Totais Dissolvidos (>1.000.000 µg.L-1), Nitritos (1.000 µg.L-1); Nitratos (10.000 µg.L-1). 3BRASIL. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021: Turbidez (5 uT); Cor aparente (15 uH); Dureza total (300 mg/L); Sólidos totais dissolvidos (500 mg/L), Nitritos (1 mg/L); Nitratos (10 mg/L). 4Unidade de medida: mV. **Valores médios e desvio padrão obtidos através da análise dos parâmetros físico-químicos em triplicata.

Tabela 1. Resultados das análises físico-químicas (pH, turbidez, cor aparente, alcalinidade total, dureza total, ORP, sólidos dissolvidos totais, nitritos e nitratos) da água coletada de diferentes propriedades de avicultura e/ou suinocultura do Vale do Taquari/RS região.

Os dados coletados de cada propriedade auxiliaram na interpretação dos resultados encontrados, uma vez que a qualidade da água é influenciada por diversos fatores externos, como esgoto residencial e industrial, áreas de plantio e criação de animais, fertirrigação com esterco, entre outros (Bortoli *et al.*, 2018). No Rio Grande do Sul, as águas subterrâneas têm origem no Aquífero Guarani, que faz parte do Sistema Aquífero Serra Geral (Quaggio *et al.*, 2018), e, segundo Reginato *et al.* (2012), no estado as águas são compostas principalmente por rochas basálticas, com água bicarbonatada cálcica ou magnesiana, neutra e levemente alcalina. Quaggio *et al.* (2018) em estudo avaliando variações na composição das águas

subterrâneas do Sistema Aquífero Serra Geral encontraram variação de pH entre 6,3 e 10,8, o que caracteriza a água como predominantemente alcalina. Esses resultados estão de acordo com o observado no presente estudo, onde houve variação de pH entre $6,36 \pm 0,16$ a $8,95 \pm 0,02$.

Todas as amostras de água analisadas apresentaram valores permitidos tanto pela Resolução CONAMA nº 396/2008 quanto pela Portaria GM/MS nº 888/2021 para turbidez, cor aparente, dureza, sólidos totais dissolvidos e nitritos. Os níveis de turbidez nas amostras variaram de 0 a $3,79 \pm 0,36$ NTU. A turbidez corresponde à presença de partículas em suspensão presentes na água, que por sua vez podem proteger os microrganismos contra a ação do cloro (Silva Junior *et al.*, 2021). A turbidez evidenciada nas duas amostras de vertentes/nascentes de água pode ter ocorrido devido ao uso agrícola nas proximidades, uma vez que, segundo Donadio *et al.* (2005), este fato pode influenciar na turbidez, cor aparente e alcalinidade, pois pode facilitar a contaminação da água com partículas em suspensão.

A cor aparente tem origem no reflexo de partículas orgânicas na água e também pode ser resultado da presença de compostos de ferro e manganês, portanto pode ser originada da decomposição da matéria orgânica presente no solo e de descargas e efluentes domésticos ou industriais e lixiviação do solo (Libânio, 2010). Neste trabalho a cor aparente variou de 0 a $8,0 \pm 0,6$, sendo que apenas a amostra VE 02 apresentou alteração na cor aparente e maior valor de turbidez da água. Este fato pode ter ocorrido devido à presença de árvores no entorno e aos processos de decomposição que ocorrem no ambiente (Oliveira *et al.*, 2020) e segundo Hernandez *et al.* (2010), pois a fonte de água fica próxima ao galpão que abriga os suínos na fase de creche, facilitando a contaminação da água.

A dureza variou de $20,80 \pm 0,17$ a $217,60 \pm 3,75$ mg/L, e refere-se à concentração de íons cálcio e magnésio expressos como carbonatos e, em menor proporção, ferro, manganês, estrôncio e alumínio na água (Souza & Sousa, 2020). A dureza está relacionada à natureza geológica da bacia hidrográfica, e neste estudo as águas são provenientes de uma região com predominância de rochas basálticas (Libânio, 2010), o que pode ter influenciado nos resultados de dureza moderada (50-150 mg/L) em 53,85% (7/13) das amostras. Os sólidos dissolvidos totais/salinidade da água variaram de $34,43 \pm 0,38$ a $243,33 \pm 3,06$ mg/L, e consiste em um conjunto de substâncias orgânicas e inorgânicas. Sua presença na água é proveniente de processos erosivos, organismos e restos orgânicos, ou do descarte incorreto de lixo e esgoto (Souza & Sousa, 2020), dentre as amostras, a água de vertentes/nascentes apresentou os menores valores de sólidos totais dissolvidos, e baixos valores de dureza.

Em relação ao nitrito e ao nitrato, sua ocorrência está relacionada à lixiviação do solo ou ao escoamento de água que foi exposto a materiais com altos níveis de nitrogênio, como dejetos de animais, fertilizantes e matéria orgânica em decomposição (Caner &

Tiecher, 2017; Capoane *et al.*, 2017; Costa *et al.*, 2018;). A região do Vale do Taquari ocupa o topo do ranking de produção de dejetos suínos e o segundo lugar na produção de dejetos de aves, portanto possui grande potencial poluidor (Schmitz, 2021). Os valores de nitrito encontrados estavam de acordo com a legislação vigente. Os níveis de nitrato variaram de $0,14 \pm 0,01$ a $14,99 \pm 0,86$ mg/L, sendo que nos pontos PO 07 (358 metros de profundidade) e PO 08 (124 metros de profundidade) estavam acima de 10 mg/L (parâmetro da legislação). Acredita-se que esses resultados possam estar relacionados ao manejo irresponsável dos resíduos nas proximidades das fontes, conforme evidenciado in loco durante a coleta, pois os resíduos de aves e suínos, mas principalmente de suínos, são ricos em nitrogênio. Esse nitrogênio, por sua vez, em excesso no solo, aumenta a chance de contaminação dos recursos hídricos subterrâneos com nitrato (Caner & Tiecher, 2017; Capoane *et al.*, 2017). A ingestão excessiva de nitratos e nitritos através de água e alimentos contaminados pode causar intoxicações, e os sinais clínicos são alterações na cor do sangue e morte por deficiência de oxigênio (Palhares, 2014).

A alcalinidade total variou de $17,37 \pm 3,95$ a $190,10 \pm 1,65$ mg/L, relativa à concentração de hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos presentes na água. Esses componentes podem reagir com ácidos e gerar ação tamponante (Saidelles *et al.*, 2014; Mendonça *et al.*, 2019). A alcalinidade da água pode ser de origem natural ou antropogênica. A alcalinidade de origem natural ocorre pela dissolução das rochas e pela reação do CO₂ com a água, podendo o CO₂ ter origem na atmosfera ou na decomposição de matéria orgânica. A de origem antrópica por lixões industriais (Von Sperling, 2014). A água captada em vertentes/nascentes, obteve baixos valores de alcalinidade, $17,37 \pm 3,95$ e $34,20 \pm 0,46$, no VE 01 e VE 02, respectivamente, isso pode ter ocorrido devido ao fato das vertentes/nascentes estarem próximos à mata e suscetíveis à contaminação por matéria orgânica, mas distantes de áreas industriais e não sofrendo ação de dissolução de rochas. Água com alto teor de alcalinidade torna-se imprópria para consumo, pois pode conter altos teores de cálcio e magnésio (Neto *et al.*, 2016), e esse excesso no organismo dos animais interfere na absorção de outros minerais como zinco e ferro, e afeta negativamente a eficiência alimentar de aves e suínos (Horwat *et al.*, 2019).

Sabe-se que águas com alterações de cor aparente e turbidez também apresentam contaminação microbiana (contagem total de coliformes e *Escherichia coli*). A turbidez da água indica a presença de sólidos em suspensão, como partículas inorgânicas de areia, silte, argila, detritos orgânicos, algas e bactérias (Américo-Pinheiro & Benini, 2018). A profundidade do poço foi correlacionada com os níveis de nitrato em amostras de água de poços artesianos, e nenhuma relação significativa foi encontrada ($p = 0,59$). Contudo, o coeficiente de correlação (r) mostra uma tendência a uma correlação fraca entre estas variáveis, e por ser negativo ($r = -0,189$), indica que quanto maior a profundidade, menores são os níveis de nitrato na água, uma vez que quanto mais raso o poço, maior a chance das partículas de nitrogênio presentes no solo chegarem à água. Para as variáveis profundidade

do poço e alcalinidade também não foi observada relação significativa ($p = 0,2618$). Porém, existe uma tendência de que quanto mais profundo o poço, mais alcalina é a água. ($r = 0,3925$). Em relação à profundidade do poço e dureza total ($p = 0,1817$, $r = -0,4594$) verificou-se também que, mesmo sem diferença significativa, pode-se sugerir que quanto mais profundo o poço, menos dura será a água.

Para a alcalinidade e a dureza total constatou-se que, apesar de não haver relação significativa ($p = 0,4143$), há uma tendência de que quanto maior a dureza da água, maior a alcalinidade total ($r = 0,2478$). Isso corrobora com Blumberg e Azevedo Netto (1956) que descrevem que a alcalinidade e a dureza possuem uma estreita relação, pois a alcalinidade é resultado dos bicarbonatos de cálcio e magnésio, neste sentido, a alcalinidade é igual à dureza, já que a dureza se origina dos sais destes minerais. Quando os bicarbonatos de sódio e potássio contribuem para a alcalinidade sem interferir na dureza, a alcalinidade excederá a dureza. Nos estudos de Silva e Valentini (2020) a alcalinidade superou os valores de dureza em vários pontos. Neste trabalho, 5 amostras obtiveram maiores valores de alcalinidade quando comparada à dureza. A relação estabelecida entre alcalinidade e dureza não coincide com as relações estabelecidas entre estes parâmetros e a profundidade do poço, pois existe uma relação significativa entre alcalinidade e dureza, mas uma relação inversa entre profundidade do poço e dureza, e uma relação positiva entre profundidade e alcalinidade. Talvez seja necessário um número maior de amostras para confirmar estes resultados. Por outro lado, a dureza total e o tempo de permanência no poço apresentaram tendência a uma forte correlação entre as variáveis, e sendo positivo ($r = 0,6605$) indica que quanto mais antigo o poço, maior será a dureza total da água, mesmo sem apresentar correlação significativa ($p = 0,0528$). Os hidróxidos e carbonatos, característicos da alcalinidade, promovem a elevação do pH da água (Mendonça *et al.*, 2019). Isto pode ser observado na correlação entre ambos os parâmetros, onde $r = 0,3549$ indica uma tendência regular e positiva de que quanto maior o pH, maior a alcalinidade, embora não significativa ($p = 0,2341$).

Não houve correlação significativa entre as variáveis dureza total e pH ($p = 0,0823$). Porém, o coeficiente de correlação negativo ($r = -0,4994$) sugere que quanto maior o pH, menor a dureza. Pelo contrário, Pereira *et al.* (2010) observaram correlação positiva entre a dureza da água e o pH, pois a dureza é expressa em carbonato de cálcio, que atua no aumento do pH (Vasconcelos, 2015).

Análises microbiológicas

A Tabela 2 demonstra os resultados das análises microbiológicas. Nenhuma das amostras de água apresentou contaminação por *Salmonella* spp.

Pontos ¹	Contagem de coliforms totais ^{2,3}	Contagem de <i>Escherichia coli</i> ^{2,3}	<i>Salmonella</i> spp.
PO 01	>2.3x10 ¹	1.1x10 ⁰	Ausente
PO 02	1.1x10 ⁰	<1.1x10 ⁰	Ausente
PO 03	5.1x10 ⁰	2.2x10 ⁰	Ausente
PO 04	3.6x10 ⁰	<1.1x10 ⁰	Ausente
PO 05	<1.1x10 ⁰	<1.1x10 ⁰	Ausente
PO 06	>2.3x10 ¹	<1.1x10 ⁰	Ausente
PO 07	1.2x10 ¹	1.1x10 ⁰	Ausente
PO 08	>2.3x10 ¹	>2.3x10 ¹	Ausente
PO 09	<1.1x10 ⁰	<1.1x10 ⁰	Ausente
PO 10	>2.3x10 ¹	1.1x10 ⁰	Ausente
PO 11	<1.1x10 ⁰	<1.1x10 ⁰	Ausente
VE 01	>2.3x10 ¹	6.9x10 ⁰	Ausente
VE 02	>2.3x10 ¹	>2.3x10 ¹	Ausente

NOTA: Valores de referência conforme legislação: 1Pontos, entende-se por PO a água proveniente de poços artesianos e VE fonte/faixa hídrica. 2BRASIL. Resolução CONAMA n° 396 de 2008: Coliformes totais (Ausência em 100 mL); *Escherichia coli* (Ausência em 100 mL). 3BRASIL. Portaria GM/MS n° 888, de 04 de maio de 2021: Coliformes totais (Ausência em 100 mL); *Escherichia coli* (Ausência em 100 mL).

Tabela 2. Resultados das análises de coliformes totais, *Escherichia coli* e *Salmonella* spp. de água bruta coletada de diferentes propriedades de aves e/ou suínos da região do Vale do Taquari/RS.

Optou-se por avaliar a água bruta/original, pois muitas propriedades rurais ainda desconhecem a importância da cloração e acidificação da água. De modo geral, houve desafio em relação à qualidade da água, pois 76,92% (10/13) apresentavam contaminação bacteriana. De acordo com a Portaria GM/MS n° 888/2021 (Brasil, 2021) e a Resolução n° 396/2008 (Brasil, 2008), a água utilizada para consumo humano e animal deve estar livre de coliformes totais e *Escherichia coli* em 100 mL. Destes, 23,07% (3/13) apresentavam coliformes totais e 53,85% (7/13) coliformes totais e *Escherichia coli* juntos. Das águas com alterações nos parâmetros microbiológicos, 60% (6/10) são de produtores de suínos, 20% (2/10) de aves e 20% (2/10) de suínos e aves. *Salmonella* spp. e *Escherichia coli* são facilmente erradicadas da água com o uso de acidificantes e biocidas à base de cloro (Busser *et al.*, 2011; Li *et al.*, 2018; Abnavi *et al.*, 2022). A região de análise se destaca na produção de suínos e aves, o que gera grande quantidade de resíduos que podem ser aproveitados na fertirrigação do solo. Porém, os dejetos desses animais tornam-se potenciais poluidores da água, levando à contaminação da água com coliformes, *Escherichia coli* e outros patógenos (Pahl *et al.*, 2018; Cazarotto *et al.*, 2021; Schmitz, 2021). Portanto, acredita-se que a presença de contaminação bacteriana ocorreu porque 84,62% (11/13) das propriedades estão localizadas em regiões próximas a galpões de criação de animais, mato, canteiros de esterco e lavouras.

As bactérias pertencentes ao grupo dos coliformes totais são originárias do trato gastrointestinal de humanos e animais de sangue quente, e indicam a qualidade microbiológica da água, a integridade e limpeza do sistema de distribuição de água, caixas e tubulações, e possível contaminação após tratamento em reservatórios ou redes de distribuição, à medida que se desenvolvem em tubagens em condições adequadas (temperatura da água superior a 13°C, nutrientes disponíveis e zero cloro residual). Os gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter* pertencem ao grupo dos coliformes totais (Pahl *et al.*, 2018; Silva *et al.*, 2021; Paixão *et al.*, 2022).

Escherichia coli causa diarreia em suínos e infecções localizadas ou sistêmicas em aves, desencadeando surtos e condenação de carcaças (Mcvey *et al.*, 2013; Dawangpa *et al.*, 2021). Sua detecção na água é indicativa de contaminação fecal de origem humana e/ou animal, podendo significar também a presença de outros patógenos (Libânio, 2010; Macedo *et al.*, 2021).

Quantificação do consumo de acidificante e de agentes biocidas

A regulação do pH da água é essencial para a saúde intestinal de aves e suínos, para a modulação da microbiota intestinal e equilíbrio entre microrganismos patogênicos e não patogênicos (Pearlin *et al.*, 2020; Xu *et al.*, 2022). As curvas de acidificação foram realizadas até pH 3,5 (3th PROCESS) e pH 6,0 (2nd PROCESS STEP A), conforme recomendações da espécie. Para suínos, é indicada uma faixa de pH da água de bebida próxima a 4,0, pois nessas condições há maior digestibilidade, principalmente de proteínas (Escuredo *et al.*, 2016). O fornecimento de água acidificada (pH 3,4 a 3,8) aumenta o consumo de água dos suínos (Escuredo *et al.*, 2016). Para aves, a faixa de pH recomendada é próxima de 6,0 para melhorar a digestibilidade e inibir o crescimento de bactérias patogênicas, resultando em melhor desempenho (Bailey, 2010; Farias *et al.*, 2016).

As curvas de acidificação e cloração permitiram quantificar o consumo médio de produtos em águas de diferentes fontes. Para atingir pH 3,5, o consumo médio de acidificante foi de $319,39 \pm 127,06$ g/1000L e para atingir pH 6,0 o consumo médio foi de $156,89 \pm 80,21$ g/1000L. A análise estatística indicou correlação significativa com tendência à correlação regular entre pH e consumo de acidificante tanto para pH 3,5 ($r = 0,3747$) quanto para pH 6,0 ($r = 0,4649$) ($p < 0,05$). Esses resultados indicam que quanto maior o pH, maior o consumo de acidificante. Porém, nem sempre quando há aumento do pH, há aumento no consumo de acidificante, isso pode ser observado no PO 03 e VE 02. Por outro lado, existem amostras com pH inicial elevado que consomem mais acidificante, como o PO 09. A Tabela 3 retrata o consumo de acidificante em cada propriedade e a relação com o pH inicial das amostras.

Pontos ¹	pH resultante das análises físico - químicas	Consumo de acidificante até pH 3.5 (g/1000L) – 3th PROCESS	Consumo de acidificante até pH 6.0 (g/1000L) – 2 nd PROCESS STEP A	Relação entre consumo de acidificante até pH 3.5/ pH resultante das análises físico - químicas	Relação entre consumo de acidificante até pH 6.0/ pH resultante das análises físico - químicas
PO 01	7.05	355.36	159.35	50.41	22.60
PO 02	7.12	345.18	161.66	48.48	22.71
PO 03	8.16	209.28	103.98	25.65	12.74
PO 04	8.95	353.08	205.36	39.45	22.95
PO 05	7.32	405.06	229.65	55.34	31.37
PO 06	7.15	248.30	128.00	34.73	17.90
PO 07	6.57	297.66	124.75	45.31	18.99
PO 08	7.24	414.46	197.93	57.25	27.35
PO 09	8.82	587.94	326.61	66.66	37.07
PO 10	8.2	399.19	203.48	48.68	24.81
PO 11	6.99	285.77	132.14	40.88	18.90
VE 01	6.36	96.13	13.15	15.11	2.07
VE 02	8.42	154.60	52.99	18.36	6.29

NOTA: ¹Pontos, água PO de poço artesiano e VE água de vertente/nascente.

Tabela 3. Relação entre o resultado do pH das análises físico-químicas das 13 amostras de água coletadas em propriedades rurais produtoras de suínos e aves no Vale do Taquari/RS e o consumo de acidificante (g/1000L) nas curvas de acidificação até pH 3,5 e pH 6,0.

Observou-se relação significativa ($p > 0,0001$) entre alcalinidade e consumo de acidificante, Figura 3A e 3B, e tendência a correlação muito forte ($r = 0,9848$ para pH 3,5; $r = 0,9600$ para pH 6,0), de forma que quanto maior a alcalinidade, maior será o consumo de acidificante. A alcalinidade representa a capacidade de neutralizar ácidos e tamponar a água, portanto valores elevados de alcalinidade indicam alta capacidade tamponante (Mendonça *et al.*, 2019).

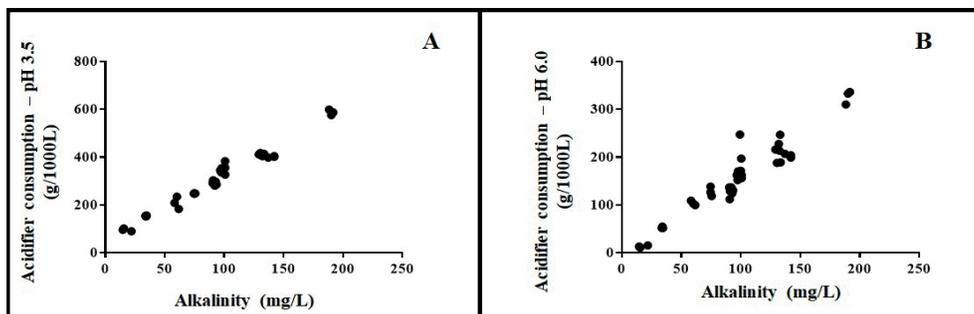


Figura 3. Correlação entre consumo de acidificante (g/1000L) e alcalinidade (mg/L) em água bruta para obtenção de pH 3,5 – 3º PROCESSO (figura A) e pH 6,0 – 2º PROCESSO ETAPA A (figura B) de águas com diferentes aves e/ou propriedades de criação de suínos na região do Vale do Taquari/RS.

Para cloração de 2,5 ppm de cloro livre (2nd PROCESS STEP B), foram utilizadas amostras de água com pH ajustado para 6,0. A figura 4, demonstra as variações de consumo em cada ponto de coleta. O consumo médio de hipoclorito de cálcio foi de $4,97 \pm 2,22$ g/1.000L e de tricloro foi de $17,30 \pm 5,87$ g/1000L, representando um consumo 3,48 vezes maior tricloro em comparação ao hipoclorito de cálcio. Por fim, o hipoclorito de sódio consumiu em média $100,08 \pm 47,08$ g/1000L, simbolizando o maior consumo em comparação aos outros cloros, sendo 20,14 e 5,83 vezes maior do que o hipoclorito de cálcio e o tricloro, respectivamente.

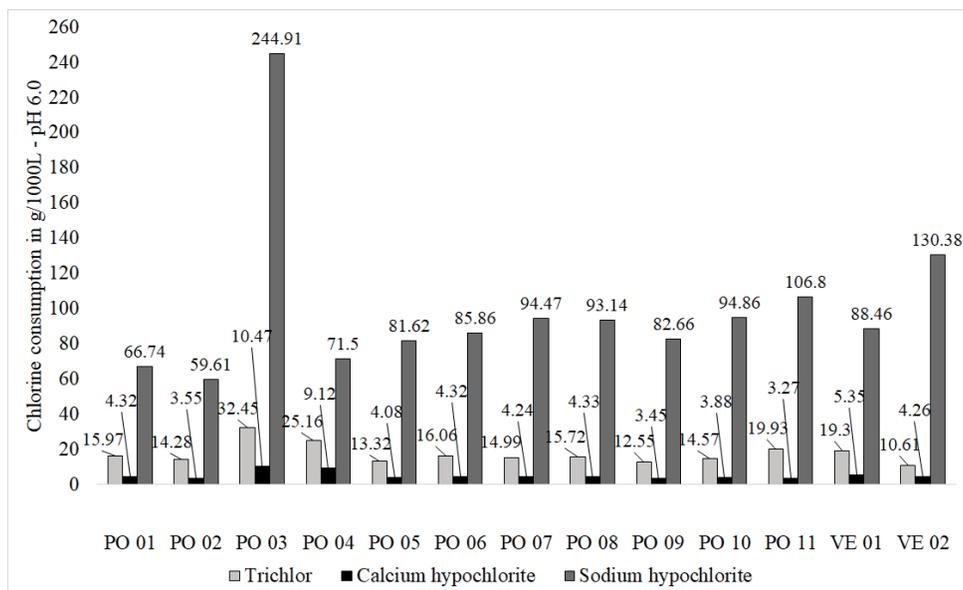


Figura 4. Consumo médio (g/1000L) de agentes biocidas à base de cloro (tricloro, hipoclorito de cálcio e hipoclorito de sódio) em água com pH inicial ajustado para 6,0, 2º PROCESSO, provenientes de águas de diferentes propriedades de suínos e/ou aves da região do Vale do Taquari/RS.

A figura 5 representa as variações no consumo de cloro nas amostras de água que não foram previamente acidificadas (1st PROCESS). Neste processo, o consumo médio de hipoclorito de cálcio foi $4,72 \pm 2,18$ g/1000L, de tricloro foi $14,38 \pm 6,02$ g/1000L, e de hipoclorito de sódio foi $103,17 \pm 49,86$ g/1000L). Novamente foi confirmada a relação de consumo entre os agentes biocidas, destacando-se o hipoclorito de sódio com 21,86 e 7,18 vezes mais consumo em relação ao hipoclorito de cálcio e tricloro, respectivamente.

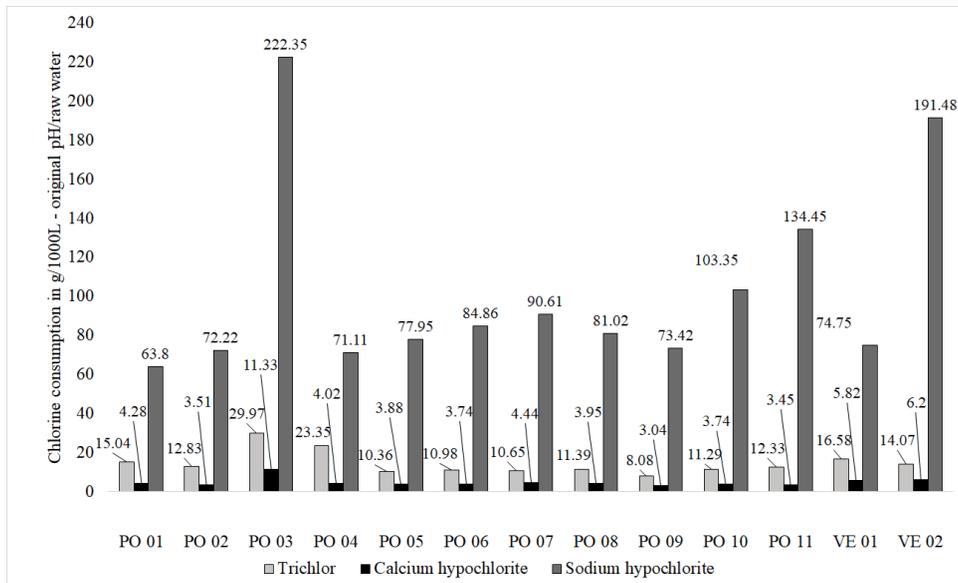


Figura 5. Consumo médio (g/1000L) de agentes biocidas à base de cloro (tricloro, hipoclorito de cálcio e hipoclorito de sódio), em água com pH inicial original/água bruta proveniente de águas de diferentes propriedades de avicultura e/ou suinocultura do Vale do Taquari /RS região.

A comparação entre o consumo dos diferentes cloros na água previamente acidificada até pH 6,0 (2nd PROCESS) e na água bruta (1st PROCESS) mostrou que não houve diferença significativa entre o consumo de tricloro e hipoclorito de cálcio tanto para a água acidificada quanto para a água clorada. Porém, houve variação significativa entre o consumo de tricloro e hipoclorito de sódio, e entre hipoclorito de cálcio e hipoclorito de sódio independente do tipo de água, Figura 6A e 6B.

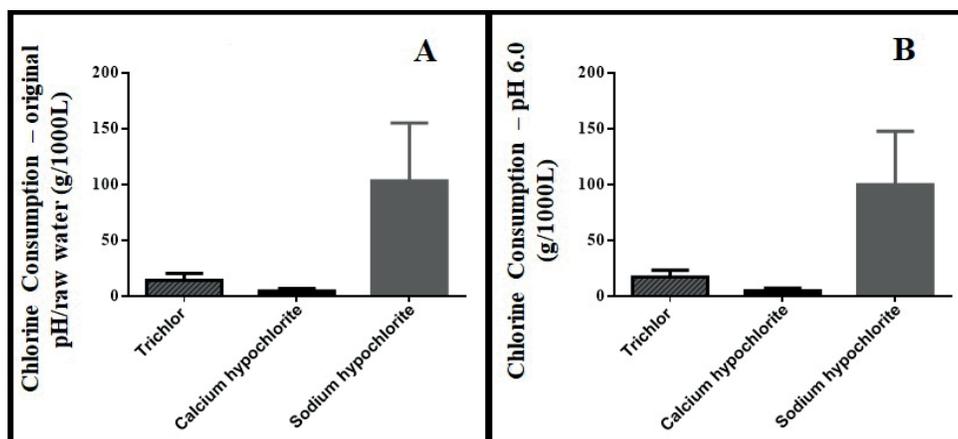


Figura 6. Consumo médio de tricloro, hipoclorito de cálcio e hipoclorito de sódio (g/1000L) em água bruta/sem acidificação COM pH original da análise físico-química – 1st PROCESS (figura A) e água com pH 6,0 – 2nd PROCESS (figura B).

Em média, houve consumo 3,27 vezes maior de tricloro e 21,00 vezes maior de hipoclorito de sódio, em relação ao hipoclorito de cálcio. Estes resultados indicam que a concentração do conteúdo ativo dos biocidas não deve subsidiar o cálculo do consumo final. Isto se deve à formação de subprodutos que são gerados após a adição de cloro à água, por exemplo, cada 10 ppm de tricloro 90% forma 9,1 ppm de ácido cianúrico, e devido à formação deste subproduto seu uso é desencorajado em alguns países (Organização Mundial da Saúde, 2022).

O agente biocida à base de cloro em contato com a água dissocia-se em ácido hipocloroso e íon hipoclorito. O ácido hipocloroso é o principal responsável pela desinfecção da água, pois o íon hipoclorito possui baixo poder desinfetante. O pH interfere no poder desinfetante do cloro, sendo recomendado um pH inferior a 7,0 para que a reação do cloro com a água forme aproximadamente 78% de ácido hipocloroso (biocida forte). Em pH próximos a 8,0, as concentrações dos componentes formados são invertidas, com formação de apenas 28% de ácido hipocloroso (Rossi-Fedele *et al.*, 2011). Com a diminuição do poder desinfetante do cloro, é necessário aumentar a sua dosagem para obter a eficiência desejada, ou aumentar o tempo de contato. Isto reforça a necessidade de acidificar a água em conjunto com a cloração.

Neste estudo, o hipoclorito de sódio foi o agente biocida mais consumido em comparação com outros produtos à base de cloro. Ressalta-se que este composto apresenta baixo teor de ativos, é instável e possui vida útil curta, sendo sua estabilidade influenciada pelas condições de armazenamento (Gomes *et al.*, 2020). Seu uso é um desafio nas propriedades rurais devido às condições de armazenamento do produto e à exposição solar, que alteram significativamente sua concentração (Freitas *et al.*, 2021). O hipoclorito de cálcio é um produto sólido, seguro e estável (Mohammed, 2019), de fácil administração por meio de comprimidos e equipamento dosador, ou na forma de solução concentrada para dosagem por meio de bombas elétricas. Já o tricloro libera como subproduto ácido cianúrico, que reage com o ácido hipocloroso, diminuindo a concentração do biocida forte e aumentando o tempo de contato necessário para inativar patógenos na água. Além disso, o tricloro confere odor forte, prejudicando a palatabilidade da água (Wahman, 2018; Falk *et al.*, 2019).

Potencial de oxirredução (ORP)

O ORP é a medida da atividade de oxidação e redução de substâncias utilizadas para avaliar a desinfecção da água como parâmetro indireto do potencial antimicrobiano. O potencial de oxidação-redução gerado pelo movimento dos elétrons (em mV), entre 650 e 700 mV, é suficiente para eliminar em 30 segundos a maioria das bactérias patogênicas da água, pois provoca a oxidação das membranas celulares dos microrganismos, culminando em sua morte (Cano & Carrera, 2020). Nas amostras de água bruta, o ORP ficou abaixo do

recomendado, portanto a água sem tratamento (cloração ou acidificação) é mais propícia ao desenvolvimento de microrganismos.

O processo de acidificação da água potável até pH 3,5 elevou o ORP final da água, mas apenas três amostras (PO 03, PO 09 e PO 10) obtiveram valores acima de 650 mV. No processo de acidificação até pH 6,0, apenas uma amostra (PO 09) obteve valor superior a 650 mV. E a mesma situação se repetiu, quando as águas de pH original/água bruta só eram cloradas até 2,5 ppm.

A Tabela 4 apresenta os resultados de ORP de amostras de água com tratamentos com agentes biocidas. Observa-se que, em todas as águas, independente do tipo de cloro utilizado, a combinação de dois processos de tratamento (acidificação e cloração) garante resultados de ORP acima de 650 mV e consequente otimização do processo de descontaminação de águas de aves e suínos.

Pontos ¹	1st PROCESS		2sd PROCESS STEP A		2sd PROCESS STEP B		3th PROCESS	
	Hipoclorito de cálcio	Tricloro	Hipoclorito de sódio	Hipoclorito de cálcio	Tricloro	Hipoclorito de sódio
PO 01	699	840	705	426	749	896	750	530
PO 02	689	877	695	492	749	892	748	550
PO 03	656	877	623	423	762	921	761	662
PO 04	460	846	455	431	749	898	707	578
PO 05	635	738	626	461	710	740	736	443
PO 06	666	842	660	499	739	880	736	480
PO 07	695	841	697	488	741	864	706	502
PO 08	670	846	657	533	735	871	704	533
PO 09	472	768	498	628	707	850	723	730
PO 10	574	828	545	591	725	889	728	664
PO 11	683	770	693	525	715	804	732	512
VE 01	743	891	728	495	755	890	745	500
VE 02	631	774	624	463	701	802	719	546

NOTA: ¹Pontos, água PO de poço artesiano e VE água de vertente/nascente.

Tabela 4. Potencial de oxirredução (ORP) mV de cada tratamento.

CONCLUSÃO

Os resultados encontrados no presente estudo demonstraram que a qualidade físico-química da água em propriedades de criação de aves e/ou suínos na região do Vale do Taquari/RS pode ser considerada, em geral, satisfatória, apesar de ser uma região

fertirrigada com dejetos. Dentro de uma mesma região e do mesmo tipo de fonte, observou-se que a composição das águas variou entre as propriedades, o que comprova que as águas não são iguais. A relação observada entre alcalinidade e consumo de acidificante serve de subsídio para reforçar que é fundamental a análise prévia da água para iniciar o processo de acidificação e cloração, a fim de garantir maior assertividade. Além disso, foi possível comprovar que para se obter uma maior eficiência de cloração é necessária uma prévia acidificação da água para que o ORP atinja níveis que favoreçam a descontaminação. Este estudo também comprovou que o hipoclorito de cálcio foi o agente biocida mais eficiente no processo de cloração da água, oferecendo a melhor relação custo-benefício, consumindo, em média, 3,27 vezes menos que o tricloro e 21 vezes menos que o hipoclorito de sódio. Portanto, recomenda-se o uso de hipoclorito de cálcio em conjunto com o acidificante. Os dados obtidos neste estudo são inéditos e podem ser utilizados como ferramenta de tomada de decisão em campo, a fim de melhorar a qualidade da água potável para aves e suínos.

REFERÊNCIAS

- Abnavi, M.D., Larimina, T., Srinivasan, P., Munther, D., Kothapalli, C.R. 2022. Inactivation mechanisms of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enterica* by free residual chlorine. *Environmental Science: Water Research & Technology*, 8(1), 2006-2018. <https://doi.org/10.1039/D2EW00382A>.
- Américo-Pinheiro, J.H., & Benini, S.M. (ed.). 2018. *Bacias Hidrográficas fundamentos e aplicações*. Tupã: ANAP.
- Bailey, R.A. 2010. *Intestinal microbiota and the pathogenesis of dysbacteriosis in broiler chickens* (Tese de doutorado). Institute of Food Research, University of East Anglia, Norwich, United Kingdom. <https://core.ac.uk/download/pdf/2778547.pdf>. (accessed 18 November 2022).
- Blumberg, E., & Azevedo Netto, J.M. 1956. Alcalinidade e dureza das águas naturais: processos de redução da dureza. *Revista DAE*, 28 (1033), 63-79.
- Bortoli, J., Maciel, M.J., Santana, E.R.R., Rempel, C. 2018. Avaliação microbiológica da água em propriedades rurais produtoras de leite localizadas no Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal*, 12(1), 39-53.
- Brasil. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. (2008, 3 de abril). Resolução CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília.
- Brasil. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – INMETRO. (2019, setembro). Escopo de acreditação – ABNT NBR ISO/IEC 17025 – ENSAIO. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília.

Brasil. Ministério da Saúde. (2021, 4 de maio). Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília.

Busser, E.V., Dewulf, J., Zutter, L., Haesebrouck, F., Callens, J., Meyns, T., Maes, W., Maes, D. 2011. Effect of administration of organic acids in drinking water on faecal shedding of *E. coli*, performance parameters and health in nursery pigs. *The Veterinary Journal*, 188(2), 84-188. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2010.04.006>.

Callegari-Jacques, S.M. 2007. *Bioestatística princípios e aplicações*. Porto Alegre: Artmed.

Caner, L. & Tiecher, T. 2017. Contaminação da água com nitrato pelo uso excessivo de dejetos líquidos de suínos na França: o que o sul do Brasil pode aprender? In: *Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais do Sul do Brasil: impacto das atividades agropecuárias na contaminação do solo e da água*, Tiecher, T. (ed.), 1st edn, URI, Frederico Westphalen, pp. 93-106.

Cano, M.E.M. & Carrera, F.A.D.A. 2020. Calidad bacteriológica del agua y su relación con el potencial de óxido reducción (ORP). *Agua, Saneamiento & Ambiente*, 15(1), 37- 43. <https://doi.org/10.36829/08ASA.v15i1.1130>.

Capoane, V., Tiecher, T., Zafar, M., Santos, D.R. 2017. Impacto da atividade de suinocultura intensiva na qualidade da água de uma bacia hidrográfica do médio alto Uruguai. In: *Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais do Sul do Brasil: impacto das atividades agropecuárias na contaminação do solo e da água*, Tiecher, T. (ed.), 1st edn, URI, Frederico Westphalen, pp. 93-106.

Cazarotto, R.T., Silveira, R.L.L., Faccin, C.R., Vogt, H.M. 2021. Região dos Vales-RS: observando a dispersão territorial da pandemia da Covid-19. *Revista Gestão e Desenvolvimento*, 19(2), 56-71. <https://doi.org/10.25112/rgd.v18i2.2484>.

Costa, C.L., Braz, C.E.M., Kamogawa, M., Bernardi, A.C.C., Souza, G.B., Nogueira, A.R.A. 2018. *Determinação de nitrato e amônio por sistema de análise em fluxo em amostras de lixiviado de solo*. São Carlos: EMBRAPA.

Dawangpa, A., Letwatcharasarakul, P., Ramasoota, P., Boonsoongnern, A., Ratanavanichrojn, N., Sanguankiat, A., Phatthanakunanan, S., Tulayakul, P. 2020. Genotypic and phenotypic situation of antimicrobial drug resistance of *Escherichia coli* in water and manure between biogas and non-biogas swine farms in central Thailand. *Journal of Environmental Management*, 279. 111659. [10.1016/j.jenvman.2020.111659](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111659).

Donadio, N.M.M., Galbiatti, J.A., Paula, R.C. 2005. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego Rico, São Paulo, Brasil. *Engenharia Agrícola*, 25(1), 115-125. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162005000100013>.

Escuredo, J.A.M., Horst, Y., Carr, J., Maes, D. 2016. Implementing drinking water feed additive strategies in post-weaning piglets, antibiotic reduction and performance impacts: case study. *Porcine Health Management*, 2(25), 2-8. <https://doi.org/10.1186/s40813-016-0043-0>.

- Evangelista, A.G. & Luciano, B.F. 2021. Presença de *Salmonella* spp. na produção animal e o uso de fermentados bacterianos para mitigação dos riscos – revisão de literatura. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR*, 24(1), 1-7.
- Falk, R.A., III Blatchley, E.R., Kuechler, T.C., Meyer, E.M., Pickens, S.R., Suppes, L.M. 2019. Assessing the impact of Cyanuric Acid on Bather's Risk of Gastrointestinal Illness At Swimming Pools. *Water*, 11(6), 1-24. <https://doi.org/10.3390/w11061314>.
- Farias, D.S.C.R., Farias, S.A.R., Neto, J.D. 2016. Qualidade físico-química da água para aves em diferentes poços tubulares no município de Boa Vista, PB. In: *Anais do Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia*. Foz do Iguaçu.
- Firrmann, J., Liu, L., Mahalak, K., Tanes, C., Bittinger, K., Tu, V., Kalonov, J.B., Mattei, L., Zhang, H., Van den Abbeele, P. 2022. The impact of environmental pH on the gut microbiota Community structure and short chain fatty acid production. *FEMS Microbiology Ecology*, 98(5), 1-9. Doi: 10.1093/femsec/fiac038.
- França, A.C. & Santos, R.O. 2019. I-109 – Vantagens do uso do ácido tricloroisocianúrico no sistema de abastecimento de água de Araci / BA – estudo de caso. In: *Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*. Natal.
- Freitas, B.L., Soares, A.M.B.F., Falcão, C.A.M., Almeida, W.C., Sousa, G.S., Ferreira, G.M.L.B.M., Brito, M.L., Ferraz, M.A.A.L. 2021. Avaliação da estabilidade do pH e teor de cloro ativo de soluções de hipoclorito. *Revista de Odontologia da UNESP*, 50(especial), 14.
- Gomes, F.A., Melo, A.C., Corrêa, B.F., Vitoriano, M.F., Viana, L.C.T.M.C., Ferreira, C.M., Gurdel-Filho, E.D., Pappen, F.G. 2020. Avaliação do grau de perda de concentração de cloro livre no hipoclorito de sódio 2,5% de acordo com os diferentes meios de conservação. *Brazilian Journal of Health Review*, 3(4), 9314-9327. <https://doi.org/10.34119/bjhrv3n4-169>.
- Hajati, H. 2018. Application of organic acids in poultry nutrition. *International Journal of Avian & Wildlife Biology*, 3(4), 324-329. 10.15406/ijawb.2018.03.00114.
- Hernandes, J.F.M., Schmidt, V., Machado, J.A.D. 2010. Impacto Ambiental da suinocultura em granjas de porte médio a excepcional no Vale do Taquari-RS. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 4(3), 8- 31. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v4i3.326>.
- Hirata, R., Suhogusoff, A.V., Marcellini, S.S., Villar, P.C., Marcellini, L. 2019. *A revolução silenciosa das águas subterrâneas no Brasil: uma análise da importância do recurso e os riscos pela falta de saneamento*. São Paulo: Instituto Trata Brasil.
- Horwat, D.E.G., Poltronieri, P.T., Nack, D.C.R.D., Brum, J.S. 2019. Vitaminas e minerais na nutrição de suínos: revisão de literatura. *Revista Eletrônica Nutri-Time*, 16(4), 8498-8507.
- Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. (2022). <https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A001>. (accessed 01 December 2022).
- Khan, S.H. & Iqbal, J. 2018. Recent advances in the role of organic acids in poultry nutrition, *Journal of Applied Animal Research*, 15(10), 1090. 10.1080/09712119.2015.1079527.

Libânio, M. 2010. *Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água*. Campinas: Átomo.

Li J., Ding, M., Han, Z., Man, J. 2018. Persistence of *Salmonella* Typhimurium in Well Waters from a Rural Area of Changchun City, China, *Journal of Applied Animal Research*, 44(1), 359-369. [10.3390/ijerph15061090](https://doi.org/10.3390/ijerph15061090).

Luise, D., Correa, F., Bosi, P., Trevisi, P. 2020. A Review of the Effect of Formic Acid and Its Salts on the Gastrointestinal Microbiota and Performance of Pigs, *Animals*, 10(887), 1-20. [10.3390/ani10050887](https://doi.org/10.3390/ani10050887).

Macedo, I.M.E., Lima, F.R.F., Lima, G.M.S.S., Oliveira, F.H.P.C., Filho, M.C., Shinohara, N.K.S. 2021. Análise microbiológica da água de consumo em serviços de alimentação em municípios de Pernambuco (Nordeste do Brasil). *Brazilian Journal of Development*, 7(11), 103530-103542. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n11-124>.

Manu, H. & Baidoo, S.K. 2020. Nutrition and feeding of swine. In: *Animal Agriculture: Sustainability, Challenges and Innovations* (ed.), 1st edn, Elsevier, pp. 299-313.

Mcvey, D.S., Kennedy, M., Chengappa, M.M. (ed.) 2016. *Microbiologia Veterinária*. São Paulo: Guanabara Koogan.

Mendonça, P.C., Bisognin, R.P., Vasconcelos, M.C., Souza, E.L., Bohrer, R.E.G. 2019. Avaliação da qualidade das águas em poços destinados ao abastecimento público no Noroeste do Rio Grande do Sul. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales*, 12(3), 552-570. <https://doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2019.12.3.63431>.

Mohammed, A.N. 2019. Resistance of bacterial pathogens to calcium hypochlorite disinfectant and evaluation of the usability of treated filter paper impregnated with nanosilver composite for drinking water purification. *Journal of Global Antimicrobial Resistance*, 16, 28-35. <https://doi.org/10.1016/j.jgar.2018.09.002>.

Mutle, E. & Kurnaz, A. 2018. Assessment of physicochemical parameters and heavy metal pollution in Çelték Poud water. *Indian Journal of Geo Marine Sciences*, Kastamom, 47(6), 1185-1192.

Neto, S.B.N., Araújo, I.I.M., Távora, M.A. 2016. Qualidade de água de dessedentação de bovinos da fazenda-escola do IFRN-IPANGUAÇU. *Holos*, 32(3), 52-61. [10.15628/holos.2016.4150](https://doi.org/10.15628/holos.2016.4150).

Oliveira, F.R., Cecílio, R.A., Zanetti, S.S., Ferraz, F.T. 2020. Caracterização hidroambiental como indicador de qualidade de água em nascentes. *Revista Caminhos de Geografia*, 21(74), 276-294. <https://doi.org/10.14393/RCG217449953>.

Otenio, M.H., Carvalho, G.L.O., Souza, A.M., Nepomuceno, S.C. 2010. *Comunicado Técnico 60: Cloração de água para propriedades rurais*. Juiz de Fora: EMBRAPA.

Padiilha, A.C.M., Nodari, M., Fernandes, P.M. 2013. Análise do uso de água tratada na produção de suínos. *AGROTEC*, 34(1), 50-60. <https://doi.org/10.25066/agrotec.v34i1.10045>.

Pahl, C.B.C., Lastoria, G., Gabas, S.G. 2018. Microbial contamination of groundwater in a swine fertigation area. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 23(42), 1-12. <https://doi.org/10.1590/2318-0331.231820170129>.

Paixão, A.O.R., Silva, K.A.N., Gouvêa, J.A.A., Melo, V.T., Reis, J.C.P., Costa, J.C., Silva, K.A.N., Garcia, J.M.A., Oliveira, F.G.C., Húngaro, H.M. 2022. Monitoramento da qualidade da água em hospitais: um estudo descritivo longitudinal para detecção de pontos críticos. *Saúde e Ambiente*, 9(1), 159-174. <https://doi.org/10.17564/2316-3798.2022v9n1p159-174>.

Palhares, J.C.P. 2014. *Documento 103: Qualidade da água na produção animal*. São Carlos: EMBRAPA.

Palhares, J.C.P. & Kunz, A. 2011. *Documento 149: Manejo Ambiental na Avicultura*. Concórdia: EMBRAPA.

Pearlin, B. V., Muthuvel, S., Govidasamy, P., Villavan, M., Alagawany, M., Farag, M.R., Dhama, K., Gopi, M. 2020. Role of acidifiers in livestock nutrition and health: A review. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 104(2), 558-569. <https://doi.org/10.1111/jpn.13282>.

Pereira, S.F.P., Costa, A.C., Cardoso, E.S.C., Corrêa, M.S.S., Alves, D.T.V., Miranda, R.G., Oliveira, G.R.F. 2010. Condições de potabilidade da água consumida pela população de Abaetetuba-Pará. *REA-Revista de estudos ambientais*, 12(1), 50-62. <http://dx.doi.org/10.7867/1983-1501.2010v12n1p50-62>.

Quaggio, C.S., Gastmans, D., Kirchheim, R., Batista, L.V. 2018. Variações na composição das águas subterrâneas do Sistema Aquífero Serra Geral em território brasileiro e sua relação com anomalias hidrogeoquímicas. *Revista Águas Subterrâneas*, 32(3), 283-294. <https://doi.org/10.14295/ras.v32i3.29085>.

Reginato, P.A.R., Ahlert, S., Gilioli, K.C., Cemin, G. 2012. Caracterização hidrogeológica e hidroquímica do aquífero livre localizado no manto de alteração da Formação Serra Geral, na bacia hidrográfica Taquari-Antas, região nordeste do estado do Rio Grande do Sul. *Revista Ambiente e Água*, 7(2), 143-162. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.903>.

Rodrigues, M.F.S. & Scalize, P.S. 2019. Decaimento de cloro residual livre em águas distribuídas em redes de abastecimento. *Brazilian Journal of Development*, 5(9), 16366-16375. [10.34117/bjdv5n9-187](https://doi.org/10.34117/bjdv5n9-187).

Rossi-Fedele, G., Guastalli, A.R., Dogramaci, E.J., Steier, L., Figueiredo, J.A. P. 2011. Influence of pH changes on chlorine-containing endodontic irrigating solutions. *International Endodontic Journal*, 44(9), 792-799. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2011.01911.x>.

Saidelles, A.P.F., Paim, R.A., Benedetti, A.C.P., Kirchner, R.M., Copetti, A.C.C., Moraes, B.S. 2014. Indicativo sobre possíveis problemas de potabilidade em poços no município de Alegrete-RS. *Ciência e Natura*, 36(3), 511-518. [10.5902/2179460X12835](https://doi.org/10.5902/2179460X12835).

Schmitz, J.A.K. 2021. A transição agroecológica no Vale do Taquari. In: *Articulando a Agroecologia em rede no Vale do Taquari/RS*, Biondo, E. & Zanetti, C. (ed.), 1st edn, São Leopoldo, Oikos, pp. 76-96.

Silva Junior, A.B., Gama, M.F.S., Figueiredo, L.A.P., Vergara, C.M.A.C. 2014. Análises físico-químicas e microbiológicas de água de poços utilizada na produção alimentícia em um complexo turístico do Estado do Ceará. *Research, Society and Development*, 10(10), 1-8. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i10.18839>.

Silva, A.M. & Valentini, C.A.M. 2020. Reflexões sobre a qualidade da água de abastecimento público em Nossa Senhora do Livramento-MT. *Revista Arquivos Científicos (IMMES)*, 03(02), 92-106.

Silva, M.L.N., Martiori, K., Menegazzo, B.J., Trindade, L.L., Nogueira, D.J. 2020. Análise da qualidade de água de poços rasos no interior do município de Caxambu do Sul - SC, um estudo de caso. *Revista de Ciências Ambientais*, 14(3), 13-26. <http://dx.doi.org/10.18316/rca.v14i.6125>.

Silva, R.R., Santos, J.C.V., Silva, Y.A., Paiva, S.C., Sarubbo, L.A., Luna, J.M. 2021. Avaliação da qualidade microbiológica e físico-química da água de um trecho do Rio Capibaribe, no município de São Lourenço da Mata, Pernambuco, Brasil. *Brazilian Journal of Development*, 7(6), 62847-62866. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n6-591>.

Souza, S.R. & Sousa, E.O. 2020. Potabilidade de água de Cacimbas: estudos de caso em um distrito da cidade de Barro, Ceará, Juazeiro do Norte. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering*, 14(4), 321-328.

Vasconcelos, M.B. 2015. Poços para captação de águas subterrâneas: revisão de conceitos e proposta de nomenclatura. In: *Anais do Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas*, São Paulo.

Von Sperling, M. 2014. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais.

Wahman, D.G. 2018. First acid ionization constant of the drinking water relevant chemical cyanuric acid from 5 to 35 °C. *Environmental Science: Water Research & Technology*, 4(10), 1522-1530. 10.1039/C8EW00431E.

World Health Organization 2022. *Guidelines for drinking-water quality*. Geneva: World Health Organization.

Xu, Q.L., Liu, C., Mo, X.J., Chen, M., Zhao, X.L., Liu, M.Z., Wang, S.B., Zhou, B., Zhao, C.X. 2022. Drinking Water Supplemented with Acidifiers Improves the Growth Performance of Weaned Pigs and Potentially Regulates Antioxidant Capacity, Immunity, and Gastrointestinal Microbiota Diversity. *Antioxidants*, 11(5), 1-19. <https://doi.org/10.3390/antiox11050809>.