

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

DESEMPENHO DA TILÁPIA EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA EM DIFERENTES DENSIDADES DE ESTOCAGEM

Loiana Mançur Spalenza¹, Dalila da Costa Gonçalves², Wilian Rodrigues
Ribeiro², Ranielle Kamke Krauser¹, José Nailton Canuto e Silva¹, Marcelo
Gomes de Araújo¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, *Campus Itapina*, Rodovia BR-259, Km 70, Zona Rural, Caixa Postal 256 – 29717-000 – Colatina-ES, Brasil, loianaspalenza@gmail.com, raniellek9@gmail.com, jose.silva@ifes.edu.br, mgaquicultura@gmail.com.

²Universidade Federal do Espírito Santo, *Campus Alegre*, Alto Universitário, s/n Guararema – 29500-000 - Alegre-ES, Brasil, dalilant@hotmail.com, wilianrodrigues@msn.com.

Resumo

O Sistema de Recirculação de Água é amplamente utilizado na aquicultura, apontado como uma alternativa mais sustentável em comparação aos métodos tradicionais de criação. Objetivou-se com este estudo avaliar o desempenho da tilápia através do RAS em 3 (três) densidades diferentes 35, 65 e 95 tilápias/m³. O experimento foi instalado no setor de aquicultura do Instituto Federal do Espírito Santo, *Campus Itapina*. O desenho experimental foi composto por 3 tratamentos com 3 repetições, em delineamento inteiramente casualizado, nas densidades de 35, 65 e 95 tilápias/m³, com peso médio inicial de 178,74g, 174,36g e 176,47g, respectivamente, por um período de 180 dias. Os parâmetros pH, oxigênio dissolvido e alcalinidade se mantiveram na faixa recomendada. Dentre os compostos nitrogenados, a amônia (NH₃⁻) apresentou valores mais elevados nas primeiras semanas no tratamento com maior densidade (95 peixes/m³), mantendo-se posteriormente em níveis aceitáveis juntamente aos demais tratamentos. A taxa de conversão alimentar e a produtividade que melhor atende foram identificados no tratamento de 95 tilápias/m³, com valores de 1,74:1, e 80,92kg.

Palavras-chave: Conversão alimentar, Produtividade, RAS, Sustentabilidade, *Oreochromis niloticus*.

Área do Conhecimento: Engenharia Agrônômica

Introdução

Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) da ordem Peciforme, família Cichlidae, subfamília Pseudocrenilabrinae, uma das espécies de peixe mais consumidas no mundo devido às suas agradáveis características organolépticas, qualidade nutricional e principalmente sua adaptabilidade e rápido crescimento, pode ser cultivada em diferentes sistemas, desde tanques e viveiros até sistemas intensivos incluindo o Sistema de Recirculação de Água (RAS) (SOUZA et al., 2021). Sem dúvida o Brasil possui um enorme potencial para a produção de pescados, e os cultivos em altas densidades vêm conquistando espaço na piscicultura (FITZIMMONS, 2000), porém é necessário o monitoramento da qualidade da água e o manejo adequado dos resíduos gerados pelo sistema de criação adensado.

O sistema de reutilização da água é uma tecnologia utilizada na aquicultura que permite a criação de organismos aquáticos em ambientes controlados e com menor necessidade de troca de água em relação aos convencionais, a água é filtrada e tratada tanto de forma mecânica como biológica, para remover resíduos, nutrientes e produtos químicos indesejados, de modo que os resíduos maiores são decantados no filtro mecânico, e posteriormente ocorre a atuação das bactérias no processo de desnitrificação no filtro biológico, em seguida, ela é recirculada de volta aos tanques de cultivo, reduzindo a quantidade de água necessária para a operação do sistema. A quantidade de água fresca necessária é mínima em comparação com os sistemas convencionais de aquicultura, onde grandes volumes de água são descartados (MARTINS et al., 2011). Segundo Rurangwa e Verdegem (2015), os RAS são considerados como sistemas de produção do futuro com um impacto ecológico mínimo para

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

a produção de alimentos aquáticos. Assim, este trabalho visa avaliar o desempenho de tilápia do Nilo cultivada em sistema de recirculação de água em três densidades diferentes.

Metodologia

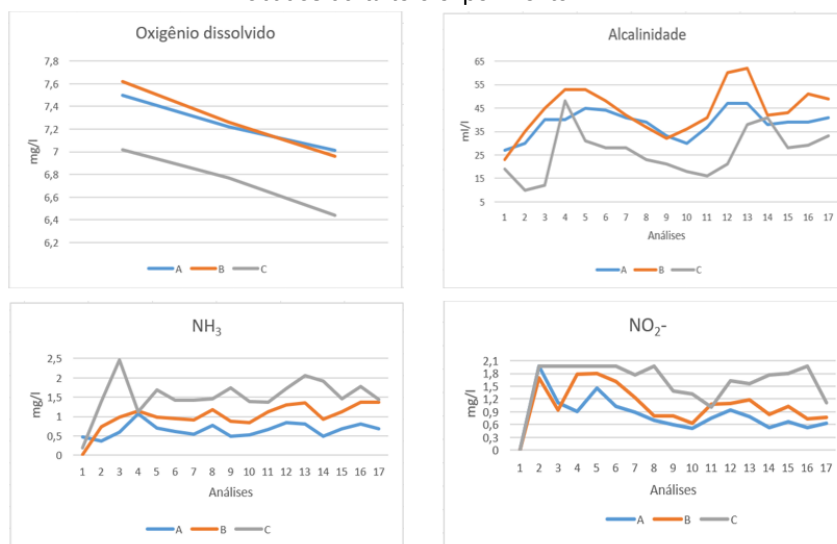
O estudo foi realizado no setor de aquicultura do Instituto Federal do Espírito Santo, *Campus Itapina*, onde três sistemas de recirculação foram dispostos em unidades compostas por três tanques, conectados a três decantadores, integrados a um filtro biológico. Para promover a circulação contínua da água entre os compartimentos, um tanque foi instalado após o filtro biológico e acondicionou-se uma bomba d'água submersa complementando o sistema, o sistema de aeração foi garantido por um compressor radial. Foram utilizados 630 peixes autorizados pela Comissão de ética no uso de animais, protocolo 23147.004538/2022-48 pesados individualmente com balança de precisão distribuídos em 9 caixas de 1.000 litros, sendo 3 repetições com 35, 65 e 95 tilápias/m³ tratamentos A, B e C, respectivamente, acompanhados por 180 dias. Durante o experimento, os peixes foram alimentados quatro vezes ao dia, às 7h30, 10h30, 13h30 e 16h30, com ração comercial extrusada de 36% e 32% de proteína bruta (P.B.).

As biometrias foram realizadas quinzenalmente nos primeiros meses, e depois espaçadas mensalmente para ajustes na quantidade de ração, sendo fornecidas na proporção de 4% do peso vivo. Ao final dos 180 dias foi realizada a despesca total e pesagem individual de todos os peixes. Os índices zootécnicos analisados foram peso médio inicial, peso médio final, ganho de peso diário e semanal, conversão alimentar, ganho de biomassa, produtividade e sobrevivência. Os parâmetros físico-químicos da água, temperatura, pH, oxigênio dissolvido foram monitorados diariamente, já as concentrações de amônia, nitrito e alcalinidade foram monitoradas três vezes por mês através de Medidor de pH HI8424, Medidor Multiparâmetro HI9829 e Fotômetro Multiparâmetro HI83300 da Hanna Instruments Brasil. As médias foram submetidas ao teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o software Sisvar, que constatou diferença significativa nos tratamentos.

Resultados

Os parâmetros de temperatura e pH foram monitorados durante o experimento durante a manhã (M) às 7 h e a tarde (T) 16 h, mantendo-se em níveis aceitáveis para o desenvolvimento da espécie. Os parâmetros de qualidade de água obtidos neste estudo mantiveram-se a maior parte do tempo dentro das faixas ideais para cultivo. Os parâmetros oxigênio dissolvido (mg/l), alcalinidade (mg/l), amônia NH₃ (mg/l) e nitrito NH₂- (mg/l) obtidos durante o experimento estão dispostos na figura 1.

Figura 1 - Parâmetros oxigênio dissolvido (mg/l), alcalinidade (mg/l), amônia NH₃ (mg/l) e nitrito NH₂- (mg/l) obtidos durante o experimento.



Fonte: o autor.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Todos os tratamentos tiveram reduções no nível de oxigênio dissolvido durante o experimento, sendo o valor máximo de 7,50 mg/l observado no tratamento B, e o menor de 6,4 no tratamento C. Quanto ao parâmetro da alcalinidade a média dos tratamentos ficaram: $38,65 \pm 4,34$ mg/l; $44,24 \pm 7,90$ mg/l e $26,12 \pm 8,11$ mg/L nos tratamentos A, B e C respectivamente.

Os valores de amônia (NH₃-) atingiram um pico no tratamento C, aproximando-se de 2,5 mg/L no início do experimento, provavelmente em função da maior quantidade de ração disponibilizada para os peixes e a maior densidade, ao final do experimento, o valor da amônia se equiparou ao tratamento B, próximo a 1,4 mg/L, os tratamentos A e B mantiveram-se dentro da faixa indicada. Os registros de nitrito (NO₂-) apresentaram maiores concentrações no início do cultivo nos tratamentos A e C, aproximando-se de 2,0 mg/l, os tratamentos A e B permaneceram dentro da faixa esperada com curva descendente.

Quanto aos índices zootécnicos, à medida que aumentou a densidade de estocagem, notou-se aumento da produtividade. A tabela 1 apresenta os parâmetros zootécnicos durante o experimento.

Os valores de peso médio final e ganho de biomassa, decresceram à medida que aumentou a densidade nos tratamentos. O maior peso médio foi observado no tratamento A com 1163,02 g, seguido do tratamento B com 1012,28 g, sendo o menor peso do tratamento C com 908,72 g. Esses resultados indicaram que a densidade apresentou relação direta com o ganho de peso. Já a produtividade, os maiores registros ficaram com o tratamento C, com valor 80,92 kg de tilápias, seguido do tratamento B com 60,12 kg, e por último 37,98 kg no tratamento A.

Tabela 1- Parâmetros zootécnicos obtidos durante os 180 dias de cultivo da tilápia do Nilo.

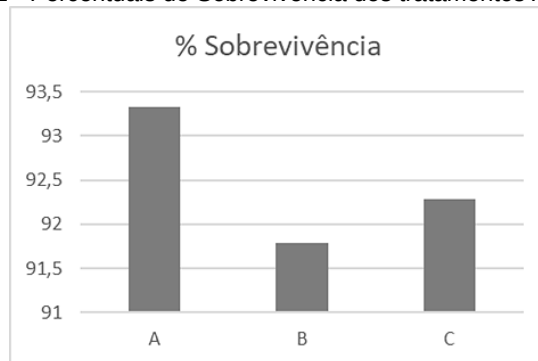
Parâmetros	A	B	C	CV (%)	Erro
Densidade (tilápia/m ³)	35	65	95	0	0
Peso médio inicial (g)	178,74 ^a	174,36 ^{ab}	176,47 ^a	1,76	1,83
Peso médio final (g)	1163,02 ^a	1012,28 ^b	908,72 ^c	3,02	17,94
Ganho de biomassa (g)	984,27 ^a	837,92 ^b	718,11 ^c	3,57	17,45
Consumo ração (kg)	76,43 ^c	98,33 ^b	111,75 ^a	0	0
Fator de Conversão Alimentar (FCA)	2,41 ^c	2,03 ^b	1,74 ^a	8,64	0,1
Produtividade (kg)	37,98 ^c	60,12 ^b	80,92 ^a	7,04	2,42

As médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem-se entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: o autor

Quanto à sobrevivência dos peixes, o melhor índice foi no tratamento A com densidade de estocagem 35 tilápias/m³, enquanto nos demais tratamentos variaram próximos a 92%. Os percentuais de sobrevivência dos tratamentos A,B,C podem ser conferidos na figura 2.

Figura 2 - Percentuais de Sobrevivência dos tratamentos A,B,C.



Fonte: o autor.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Discussão

A qualidade da água é de vital importância para o desenvolvimento saudável dos organismos aquáticos em viveiros de cultivo. Existem várias características físicas e químicas da água que devem ser monitoradas para garantir a qualidade ideal para os peixes dentre elas oxigênio dissolvido, amônia e nitrito, ao monitorar e manter essas características dentro dos limites adequados, é possível garantir um ambiente de cultivo saudável para os peixes, promovendo um bom desenvolvimento e maximizando a produtividade (LEIRA *et al.* 2017).

O oxigênio dissolvido é um parâmetro essencial e um dos parâmetros mais importantes a ser monitorado e controlado em RAS para a criação de tilápia, pois é fundamental para a respiração adequada e o bem-estar dos peixes e consequentemente o sucesso da produção (HARGREAVES, 2013). O valor máximo de 7,50 mg/l de oxigênio dissolvido foi observado no tratamento B, e o menor de 6,4 no tratamento C, ficaram dentro do recomendado por Emerenciano *et al.* (2017) que indica a faixa ótima entre 5 e 10 mg L⁻¹, estes valores ficaram acima do indicado por Silva *et al.* (2015) que apontam valores entre 4 e 5 mg/l, porém são dados aceitáveis visto que o excesso de oxigênio é dissipado no meio externo.

Os picos de amônia (NH₃-) observados no tratamento C, provavelmente em função da imaturação do filtro biológico, além disso, em RAS o processo de nitrificação necessita de um tempo para atingir o seu equilíbrio e manter a estabilidade, como ocorreu ao final do experimento, quando os valores da amônia se equipararam-se entre os tratamentos. Mesmo os registros ultrapassando o indicado para criação de tilápia, que está entre 0,6 e 2,0 mg/L, neste experimento não foi observado alteração no comportamento da espécie ou mortes significativas (SIPAÚBA TAVARES, 1995). A amônia é produzida como resultado da excreção de resíduos nitrogenados pelos peixes e outros animais aquáticos. A concentração de amônia na água aumenta à medida que os organismos excretam mais resíduos ou quando há acúmulo de matéria orgânica em decomposição (CRAB *et al.*, 2007).

Os valores elevados de nitrito (NO₂⁻) no tratamento C durante um terço do período experimental, se justifica devido ao fato que as bactérias *Nitrobacter*, que oxidam o nitrito, terem uma resposta mais lenta quando comparadas às *Nitrosomonas*, que oxidam a amônia (CORREIA *et al.*, 2014). Os sistemas de cultivo como o RAS são modelos de produção mais sustentáveis, pois são capazes de reciclar 90% a 99% da água, reduzindo assim a poluição e promovendo a produção eficiente.

A filtração biológica é crucial em RAS, pois ajuda a manter a qualidade da água, removendo substâncias tóxicas, como a amônia e o nitrito, que são prejudiciais aos organismos aquáticos, segundo Fitzimmons, (2000) o RAS se caracterizam pela necessidade de excelente qualidade da água, manejo de densidade animal e alimentação proveniente de fontes externas. O controle do ambiente de cultivo nos sistemas de recirculação de água é imprescindível, pois as bactérias que metabolizam o nitrogênio total proveniente da sobra de ração e dos excrementos eliminados pelos peixes, precisam de boa quantidade de oxigênio, assim como os demais parâmetros abordados em níveis aceitáveis. No entanto, a tilápia é conhecida por sua alta adaptabilidade capaz de conviver com uma faixa bastante ampla de oxigênio dissolvido, acidez e alcalinidade na água, por isso é uma espécie tão popular na aquicultura.

Os resultados para os parâmetros zootécnicos indicaram que a menor densidade apresentou relação direta com o maior ganho de peso, assim como Diana *et al.* (1991) relatou que o peso dos peixes diminuiu quando aumentou a densidade de 1 peixe/m² para 3 peixes/m² em viveiros escavados, Lui e Chang (1992), confirmaram estes resultados para as densidades de 0,5 a 5 peixes/m². Quanto à sobrevivência dos peixes, o melhor índice foi no tratamento, porém nos demais tratamentos variou próximos a 92%, Carvalho *et al.* (2010) ao verificarem a produtividade de tilápias num período de 150 dias no sistema de cultivo em tanque redes, obtiveram a sobrevivência de 93%, enquanto Do Carmo *et al.* (2008) obtiveram em viveiros escavados o índice de 85,67%. Os valores obtidos neste experimento foram positivos e ficaram próximos a índices encontrados em outros sistemas de criação.

Já a produtividade demonstrou que as médias se diferem entre si, e houve uma relação diferente com a densidade de estocagem, onde os maiores registros ficaram com o tratamento C, de máxima densidade, com valor 80,92 kg de tilápias, seguido do tratamento B com 60,12 kg, e por último 37,98 kg no tratamento A. Bozano *et al.* (1999), através de experimento em tanques redes com densidades 75, 150, 300 e 600 peixes/m³ criados num período de 196 dias, observaram que o melhor resultado foi para a densidade de 75 peixes/m³, sendo produzido quantidade superior de quilos de peixes no mesmo

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

espaço, densidade próxima ao melhor resultado neste experimento de 95 tilápia/m³ no RAS. Já Araújo et al. (2021), observaram em um cultivo RAS com densidades de 50, 75 e 100 peixes/m³, que a melhor densidade para cultivo foi para a densidade de 75 peixes/m³.

A melhor conversão alimentar resultou em maior produtividade obtida no tratamento C, mostrando que houve diferença entre os tratamentos, estes valores podem influenciar os custos de produção. De acordo com as produtividades obtidas e os dados de qualidade de água observados, pode-se notar que o processo de nitrificação realizado pelo filtro biológico suportou a capacidade de estocagem em todos os tratamentos, indicando o tratamento C, de maior estocagem, e densidade final de 86,32 kg/m³, como o mais produtivo por um período de 180 dias.

Conclusão

Os parâmetros de qualidade de água obtidos neste estudo apresentaram poucas variações dentre as densidades de estocagem das tilápias analisadas, mantendo-se a maior parte do tempo dentro das faixas ideais para cultivo. Quanto aos índices zootécnicos, à medida que aumentou a densidade de estocagem, notou-se aumento da produtividade e melhor conversão alimentar, mas com redução do peso corporal. O tratamento C, com a maior densidade de estocagem (95 tilápias/m³), apresentou o melhor resultado. Recomenda-se que outros estudos utilizem densidades maiores que as testadas. O RAS pode ser considerado uma alternativa mais sustentável em comparação aos métodos tradicionais de criação, contribuindo para a preservação dos recursos hídricos e redução do impacto ambiental, além de uma produção mais eficiente, devido ao maior controle sobre o crescimento e o desenvolvimento dos animais, que resultam em taxas de crescimento mais rápidas e com maior eficiência de produção. Essas abordagens sustentáveis buscam minimizar os impactos ambientais da aquicultura, ao mesmo tempo em que atendem à demanda crescente por alimentos de qualidade.

Referências

ARAUJO, J. A. A. S. et al. Acompanhamento biométrico de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em sistema de recirculação de água em diferentes adensamentos. **Natural Resources**, [S. l.], v. 11, n. 3, p. 82-90, 2021. Disponível em: <https://sustenere.co/index.php/naturalresources/article/view/5984>. Acesso em: 14 mai. 2023.

BOZANO, G. L. N. Desempenho da tilápia nilótica *Oreochromis niloticus* (L.) em gaiolas de pequeno volume. **Scientia Agricola**, Piracicaba – SP, v.56, n.4, 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-90161999000400008>. Acesso em: 14 mai. 2023.

CARVALHO, E. D.; CAMARGO, A. L. S.; ZANATTA, A. S. Productive development of Nile tilapia raised in net cages at a public reservoir: brief analysis of the empirical model of classification. **Ciência Rural**, Santa Maria – RS, v. 40, n. 7, p. 1616-1622, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/mpRTFqZdmvwQLVx7rmNhSB/abstract/?lang=en>. Acesso em: 15 mai. 2023.

CRAB, R.; AVNIMELECH, Y.; DEFOIRDT, T.; BOSSIER, P.; VERSTRAETE, W. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. **Aquaculture**, v. 270, n. 1-4, p. 1-14, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.05.006>

DIANA, J. S., DETTWEILER, D. J., LIN, C. K. Effect of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) on the ecosystem of aquaculture ponds and its significance to the trophic cascade hypothesis. **Canadian Journal of Fisheries Aquatic Sciences**, [S. l.], v.48, p.183-190, 1991. Disponível em: <https://cdnsiencepub.com/doi/10.1139/f91-025>. Acesso em: 17 mai. 2023.

DO CARMO, J. L. et al. Crescimento de três linhagens de tilápia sob cultivo semiintensivo em viveiros. **Revista Caatinga**, [S. l.], v. 21, n. 2, 2008. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/645>. Acesso em: 16 mai 2023.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

FITZSIMMONS, Kevin. Future trends of tilapia aquaculture in the Americas. **Tilapia aquaculture in the Americas**, v. 2, p. 252-264, 2000. Disponível em: <http://bio-nica.info/Biblioteca/FitzsimmonsTilapia>. Acesso em: 11 jul. 2023.

HARGREAVES, John A. **Biofloc production systems for aquaculture**. Stoneville, MS: Southern Regional Aquaculture Center, 2013. Disponível em: <http://chn.aqua-systems.com.tw/ckeditor/kcfinder/upload/files/A-Biofloc%20Production%20Systems%20for%20Aquaculture-2013-%ABO%A5%FE.pdf>. Acesso em: 11 mai. 2023.

LEIRA, M. H.; CUNHA, L. D.; BRAZ, M. S.; MELO, C. C. V.; BOTELHO, H. A.; REGHIM, L. S. Qualidade da água e seu uso em pisciculturas. **Pubvet**, v. 11, n. 1, p. 11-17, 2017. <http://dx.doi.org/10.22256/pubvet.v11n1.11-17>

LIU, K. M.; CHANG, W. Y. B. Bioenergetic modelling of effects of fertilization, stocking density, and spawning on growth of the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). **Aquaculture and Fisheries Management**, [S. l.], v. 23, p.291-301, maio 1992. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2109.1992.tb00772.x>. Acesso em: 14 mai. 2023.

MARTINS, C. I. M.; EDING, E. P.; VERRETH, J. A. J. The effect of recirculating aquaculture systems on the concentrations of heavy metals in culture water and tissues of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. **Food Chemistry**, v. 126, n. 3, p. 1001-1005, 2001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814610015268>. Acesso em: 11 jul. 2023.

RURANGWA, E.; VERDEGEM, M. C. J. Microorganisms in recirculating aquaculture systems and their management. **Reviews in aquaculture**, v. 7, n. 2, p. 117-130, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/raq.12057>. Acesso em: 14 mai 2023.

SIPAUBA TAVARES, L. H. Limnologia aplicada à aquicultura. **Boletim Técnico Centro de Aquicultura**, Unesp, Jaboticabal 1, p.72, 1995.

SOUZA, R. M.; SANTANA, F. A.; GARGANTINI, O. F. Produção de tilápia em tanque-rede. **Revista Alomorfia**, Presidente Prudente, v. 5, n. 1, p. 266-273, 2021. Disponível em: <https://alomorfia.com.br/index.php/alomorfia/issue/view/11>. Acesso em: 10 mai 2023.

VERAS, G. C.; MURGAS, L. D. S.; ZANGERONIMO, M. G.; ROSA, P. V.; LEON, J. A. S.; SALARO, A. L. Fotoperíodo sobre parâmetros fisiológicos relacionados ao estresse em alevinos de tilápia-do-nilo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, n. 5, p. 1434-1440, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352013000500023>