DESEMPENHO ZOOTÉCNICO DE JUVENIS DE TILÁPIA-DO-NILO (*Oreochromis niloticus*) EM SISTEMAS DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA E AQUAPONIA

Rodrigo Martins Pereira[1], Nágila Scarpi Nespoli[2], Davi Lustosa Santunioni[2], Erivelto Oliveira de Souza[2], Wallace Luís de Lima[2], Pedro Pierro Mendonça[2].

[1]Universidade Federal do Espírito Santo/Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Alto Universitário, s/n, Guararema – 29500-000 - Alegre-ES, Brasil, aquicultura.rodrigo@gmail.com
[2]Instituto Federal do Espirito Santo/Campus de Alegre, Rodovia BR 482, km 47, Distrito de Rive - 29500-000 – Alegre-ES, Brasil, nagila.sn@gmail.com, davilustosa40@gmail.com, velto3032@gmail.com, wallace@ifes.edu.br, ppierrom@gmail.com

Resumo
A aquaponia integra a criação de organismos aquáticos ao cultivo de vegetais, promovendo a recirculação da água e o reaproveitamento de nutrientes. Objetivou-se avaliar o desempenho zootécnico de juvenis de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) em sistema de recirculação de água (SRA) e aquaponia. O experimento foi realizado no Instituto Federal do Espírito Santo, Campus de Alegre, entre dezembro de 2020 e fevereiro de 2021, em delineamento inteiramente casualizado, com dois tratamentos, quatro repetições e 20 peixes por unidade experimental. Foram avaliados crescimento, desempenho alimentar, eficiência nutricional, uniformidade e sobrevivência. A aquaponia proporcionou maiores valores de peso final, comprimento total, altura, ganho de peso, taxa de crescimento específico e eficiências proteica e energética, além de menor conversão alimentar aparente. Não houve diferença para comprimento padrão, ganho em comprimento, uniformidade e sobrevivência. Conclui-se que a aquaponia proporcionou melhor desempenho zootécnico aos juvenis de tilápia-do-Nilo.
Palavras-chave: Crescimento; ganho de peso; conversão alimentar; eficiência nutricional; produção integrada.
Área do Conhecimento: Ciências Agrárias.

Introdução

A aquicultura em sistemas de recirculação de água (SRA) constitui uma alternativa para a produção intensiva de organismos aquáticos, caracterizada pelo tratamento e reutilização da água, possibilitando redução do consumo hídrico e maior eficiência no uso desse recurso (Espinal; Matulić, 2019). Esses sistemas podem ser empregados em diferentes escalas de produção e apresentam potencial para integração com sistemas de cultivo vegetal, como a aquaponia, que associa a produção de organismos aquáticos à produção hidropônica de plantas (Jordan *et al*., 2011; Azevedo *et al*., 2014; Hundley; Navarro, 2013).

Na aquaponia, os resíduos provenientes do metabolismo dos peixes e do fornecimento de ração contribuem para a formação de compostos nitrogenados e fosfatados na água, os quais podem ser aproveitados no desenvolvimento vegetal, estabelecendo uma integração entre os componentes animal e vegetal do sistema (Nakauth *et al*., 2020). Entre as espécies de interesse para esses sistemas destaca-se a tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), espécie amplamente utilizada na piscicultura devido à sua rusticidade, desempenho zootécnico, adaptação a diferentes densidades de estocagem e tolerância a determinadas condições de qualidade da água (Arauco; Costa, 2012; Fülber *et al*., 2009; Benlí; Köksal, 2005). Essas características tornam a espécie adequada para sistemas de produção com recirculação e para sistemas integrados de aquaponia.

Embora a aquaponia possibilite a integração entre a produção de peixes e vegetais, as condições de manejo e de funcionamento do sistema podem interferir no desempenho produtivo dos animais (Nakauth *et al*., 2020). Dessa forma, a comparação do desempenho zootécnico de juvenis de *O. niloticus* submetidos a diferentes sistemas de produção é importante para avaliar a eficiência dessas estratégias nas condições de cultivo utilizadas. Diante disso, objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho zootécnico de juvenis de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) mantidos em sistema de recirculação de água e em aquaponia.

Metodologia

O experimento foi realizado no Laboratório de Nutrição e Produção de Espécies Ornamentais (LNPEO), do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES), Campus de Alegre, no período de 22 de dezembro de 2020 a 5 de fevereiro de 2021. O experimento foi conduzido em área coberta com tela antipássaro e sombrite de 50% nas laterais e na parte superior.

Foram avaliados dois sistemas de produção de juvenis de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*): T1 – piscicultura em sistema de recirculação de água (SRA) e T2 – aquaponia. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições por tratamento, totalizando oito unidades experimentais. Cada unidade experimental foi composta por 20 juvenis, correspondendo a aproximadamente 500 g de biomassa inicial, totalizando 160 peixes.

Foram utilizados juvenis machos masculinizados de *O. niloticus*. No início do experimento, em 22 de dezembro de 2020, os animais apresentavam peso médio de 25,09 ± 1,55 g e comprimento total médio de 11,10 ± 0,40 cm. Os peixes foram distribuídos aleatoriamente nas unidades experimentais, mantendo-se a biomassa inicial aproximada de 500 g por unidade.

Cada unidade experimental foi constituída por uma caixa de polietileno com capacidade de 150 L para manutenção dos peixes. No sistema de aquaponia, foram utilizadas duas colunas compostas por 12 blocos de cimento cada, com dimensões de 40 × 20 × 10 cm, destinadas ao suporte das canaletas de cultivo vegetal, além de seis blocos para suporte do biofiltro. As canaletas apresentavam declividade de até 10%, e a circulação da água era realizada por bomba submersa com vazão entre 400 e 1000 L h^{-1}, distribuída por quatro torneiras, sendo uma destinada ao retorno da água à caixa dos peixes e três ao fornecimento de água à cama de cultivo.

A cama de cultivo do sistema aquapônico foi constituída por três perfis de PVC com 75 mm de diâmetro e 1,15 m de comprimento, espaçados 13 cm entre si. Foram realizados cinco orifícios de 5 cm de diâmetro em cada perfil, totalizando 15 pontos destinados ao cultivo de cebolinha (*Allium fistulosum* L.). Após a passagem pelas canaletas, a água era direcionada para um filtro mecânico de 3 L, preenchido com camadas intercaladas de lã de perlon e restos de sombrite, e posteriormente para um biofiltro de 65 L contendo argila expandida e brita nº 1.

No sistema de recirculação de água (T1), a água da caixa de cultivo era conduzida por bomba ao sistema de filtragem mecânica e, posteriormente, ao biofiltro, retornando por gravidade à caixa dos animais. As características e dimensões dos componentes de filtragem e da bomba foram mantidas semelhantes entre os tratamentos. As áreas ocupadas pelos sistemas aquapônico e de recirculação foram de 2,17 e 1,42 m², respectivamente.

A alimentação dos peixes foi realizada com 30 g de ração comercial por dia, divididos em três refeições, fornecidas às 8h, 12h e 16h. A mesma quantidade de ração foi disponibilizada aos peixes dos dois sistemas. A ração utilizada continha 40% de proteína bruta e 4.328 kcal de energia. Quando observadas sobras nos tanques, o fornecimento era restringido.

Durante o período experimental, foram monitorados os parâmetros de qualidade da água, incluindo temperatura ambiente, temperatura da água, potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, amônia, nitrito e nitrato, os quais se mantiveram dentro dos limites estabelecidos para a espécie.

Para avaliação do desempenho zootécnico, foram determinados o comprimento total (CT), comprimento padrão (CP), altura (H), peso inicial (PI), peso final (PF), ganho em comprimento (GC), ganho de peso médio (GPM) e biomassa final (BF). Também foram calculadas a conversão alimentar aparente (CAA), taxa de sobrevivência (TS), taxa de crescimento específico (TCE), uniformidade do lote (UL), taxa de eficiência proteica (TEP) e taxa de eficiência energética (TEE).

O ganho em comprimento foi obtido pela diferença entre o comprimento total final e inicial, enquanto o ganho de peso médio foi determinado pela diferença entre o peso médio final e inicial. A conversão alimentar aparente foi calculada pela relação entre o consumo de ração e o ganho de peso médio, e a taxa de sobrevivência pela relação entre o número final e inicial de peixes, multiplicada por 100.

As demais variáveis de desempenho foram calculadas a partir dos dados biométricos e de consumo de ração obtidos durante o período experimental.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), ao nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o programa R, versão 4.5.1. Quando observada diferença significativa entre os tratamentos ($p < 0,05$), as médias foram consideradas estatisticamente diferentes.

Resultados

O desempenho zootécnico dos juvenis de tilápia-do-Nilo diferiu entre os sistemas de produção para a maioria das variáveis avaliadas. O sistema de aquaponia apresentou maiores médias de peso final, comprimento total final e altura final, enquanto o comprimento padrão final não diferiu entre os tratamentos (Tabela 1). Os peixes mantidos em aquaponia apresentaram peso final de 86,91 ± 3,11 g, contra 78,92 ± 1,45 g no sistema de recirculação de água, além de maior comprimento total final (17,17 ± 0,19 cm) e altura final (5,28 ± 0,076 cm). Para comprimento padrão final, as médias foram de 13,64 ± 0,38 cm e 13,25 ± 0,11 cm, respectivamente, sem diferença significativa.

Tabela 1 – Médias do peso final (PF), comprimento total final (CTF), comprimento padrão final (CPF) e altura final (F) de *Oreochromis niloticus* produzidos em sistema de recirculação de água (SRA) e aquaponia. * diferença significativa pela ANOVA a 5% de probabilidade; ns = não significativo.

Variáveis	T1 – SRA	T2 – Aquaponia	Significância
PF (g)	78,92 ± 1,45	86,91 ± 3,11	*
CTF (cm)	16,44 ± 0,085	17,17 ± 0,19	*
CPF (cm)	13,25 ± 0,11	13,64 ± 0,38	ns
F (cm)	4,95 ± 0,047	5,28 ± 0,076	*

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Para o consumo de ração médio por indivíduo (CRMI), ganho de peso médio (GPM) e conversão alimentar aparente (CAA), foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos, com melhores médias para a aquaponia. O CRMI foi de 61,28 ± 2,04 g na aquaponia e 57,30 ± 0,77 g no SRA, enquanto o GPM foi de 61,72 ± 3,36 g e 53,92 ± 1,40 g, respectivamente. A CAA foi de 1,00 ± 0,05 na aquaponia e 1,10 ± 0,017 no SRA. Para ganho em comprimento, não houve diferença significativa entre os sistemas, com médias de 4,50 ± 0,43 cm e 4,18 ± 0,12 cm, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2 – Consumo de ração médio por indivíduo (CRMI), ganho de peso médio (GPM), conversão alimentar aparente (CAA) e ganho em comprimento (GC) de *O. niloticus* produzidos em sistema de recirculação de água (SRA) e aquaponia. * diferença significativa pela ANOVA a 5% de probabilidade; ns = não significativo.

Variáveis	T1 – SRA	T2 – Aquaponia	Significância
CRMI (g)	57,30 ± 0,77	61,28 ± 2,04	*
GPM (g)	53,92 ± 1,40	61,72 ± 3,36	*
CAA (g/g)	1,10 ± 0,017	1,00 ± 0,05	*
GC (cm)	4,18 ± 0,12	4,50 ± 0,43	ns

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Entre os índices zootécnicos, a taxa de crescimento específico (TCE), a taxa de eficiência energética (TEE) e a taxa de eficiência proteica (TEP) apresentaram diferença significativa, com maiores valores no sistema de aquaponia. A TCE foi de 2,75 ± 0,087% na aquaponia e 2,55 ± 0,039% no SRA; a TEE foi de 0,23 ± 0,012% e 0,22 ± 0,003%, respectivamente; e a TEP foi de 2,52 ± 0,125% e 2,35 ± 0,029%, respectivamente. Não foram observadas diferenças significativas para uniformidade do lote (UL) e sobrevivência, cujas médias foram de 64,25 ± 19,07% e 72,65 ± 7,23%, e 92,50 ± 6,45% e 90,00 ± 7,07%, para aquaponia e SRA, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3 – Valores médios da taxa de crescimento específico (TCE), taxa de eficiência energética (TEE), taxa de eficiência proteica (TEP), uniformidade do lote (UL) e taxa de sobrevivência (S) de *O. niloticus* produzidos em sistema de recirculação de água (SRA) e aquaponia. * diferença significativa pela ANOVA a 5% de probabilidade; ns = não significativo.

Variáveis	T1 – SRA	T2 – Aquaponia	Significância
TCE (% dia^{-1})	2,55 ± 0,039	2,75 ± 0,087	*
TEE (%)	0,22 ± 0,003	0,23 ± 0,012	*

TEP (g/g)	2,35 ± 0,029	2,52 ± 0,125	*
UL (%)	72,65 ± 7,23	64,25 ± 19,07	ns
TS (%)	90,00 ± 7,07	92,50 ± 6,45	ns

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Discussão

O desempenho zootécnico superior dos juvenis de *Oreochromis niloticus* mantidos em aquaponia foi evidenciado pelos maiores valores de peso final, comprimento total, altura, ganho de peso médio, taxa de crescimento específico, taxa de eficiência proteica e taxa de eficiência energética, além da menor conversão alimentar aparente. Esses resultados indicam que, nas condições avaliadas, o sistema aquapônico proporcionou condições favoráveis ao crescimento e ao aproveitamento do alimento pelos peixes. Entretanto, a resposta da tilápia à aquaponia pode variar conforme a configuração do sistema, densidade de estocagem, taxa de recirculação e manejo nutricional.

A maior taxa de crescimento específico observada na aquaponia está de acordo com Sabwa et al. (2022), que verificaram maior peso final e taxa de crescimento específico em juvenis de tilápia-do-Nilo mantidos em menor densidade em sistema aquapônico integrado ao cultivo de alface. Os autores observaram peso final de 42,6 ± 3,1 g na menor densidade e 25,2 ± 4,2 g na maior, demonstrando a influência do dimensionamento e da densidade sobre o desempenho produtivo.

O maior consumo médio de ração observado na aquaponia ocorreu simultaneamente ao maior ganho de peso e à menor conversão alimentar aparente, indicando que o maior consumo esteve associado à maior produção de biomassa. Khater et al. (2024) também verificaram diferenças no crescimento, na taxa de crescimento específico e na eficiência alimentar de *O. niloticus* submetida a diferentes sistemas de integração com cultivo vegetal, reforçando a importância da avaliação conjunta dessas variáveis.

A maior taxa de eficiência proteica observada na aquaponia indica melhor aproveitamento da proteína fornecida pela dieta. Hisano et al. (2021), ao comparar juvenis de tilápia mantidos em bioflocos e sistema de recirculação de água, também observaram diferenças no ganho de peso, conversão alimentar e eficiência proteica, demonstrando que as condições ambientais e de manejo podem influenciar a utilização dos nutrientes pelos peixes.

A influência da dinâmica do sistema também deve ser considerada. Khater et al. (2023) demonstraram que diferentes taxas de carregamento hidráulico podem modificar parâmetros de qualidade da água e o desempenho dos organismos em sistemas aquapônicos. Dessa forma, o melhor desempenho observado neste estudo não deve ser atribuído exclusivamente à presença dos vegetais, mas ao conjunto de fatores relacionados à circulação da água, biofiltração, densidade de estocagem e dimensionamento dos componentes.

Por outro lado, os resultados não devem ser generalizados para qualquer sistema aquapônico. Kiu, Teoh e Ooi (2024), ao compararem aquaponia e sistemas de recirculação, observaram tendência de menor conversão alimentar para a tilápia em aquaponia, mas não encontraram diferenças significativas no ganho de peso e na taxa de crescimento específico. Esse resultado contrasta parcialmente com o presente estudo e reforça que o desempenho depende das características específicas do sistema, das espécies, do manejo e das condições experimentais.

Khater et al. (2024) também verificaram diferenças no crescimento de tilápias submetidas a diferentes sistemas de integração com alface, destacando a importância do equilíbrio entre a biomassa de peixes, a área vegetal e a disponibilidade de nutrientes. Assim, a eficiência do sistema integrado depende não apenas da presença das plantas, mas da adequada relação entre seus componentes.

Em relação à sobrevivência, não foram observadas diferenças significativas entre os sistemas, embora a média tenha sido numericamente superior na aquaponia. Esse resultado indica que ambos os sistemas proporcionaram condições adequadas à manutenção dos animais durante o período experimental. Hisano et al. (2021) também não observaram diferenças significativas na sobrevivência de tilápias mantidas em sistemas de cultivo distintos.

A ausência de diferença significativa para comprimento padrão, ganho em comprimento e uniformidade do lote demonstra que a superioridade da aquaponia não ocorreu em todas as variáveis avaliadas. O efeito mais evidente esteve relacionado à produção de biomassa e ao aproveitamento do alimento, enquanto algumas características morfométricas e a sobrevivência permaneceram semelhantes entre os tratamentos.

De maneira geral, a aquaponia apresentou vantagem produtiva em relação ao sistema de recirculação de água nas condições experimentais avaliadas, principalmente quanto ao ganho de biomassa e à utilização do alimento. Entretanto, diferenças na densidade de estocagem, taxa de recirculação, relação entre biomassa de peixes e área vegetal, composição da dieta, configuração do biofiltro e manejo podem modificar essa resposta. Portanto, a vantagem observada deve ser interpretada considerando as condições específicas de dimensionamento e manejo utilizadas neste estudo.

Conclusão

Neste experimento, o sistema de aquaponia proporcionou melhor desempenho zootécnico aos juvenis de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) quando comparado ao sistema de recirculação de água. Os peixes mantidos em aquaponia apresentaram maiores valores de peso final, comprimento total, altura, ganho de peso médio, taxa de crescimento específico, taxa de eficiência proteica e taxa de eficiência energética, além de menor conversão alimentar aparente. Entretanto, não foram observadas diferenças significativas entre os sistemas para comprimento padrão, ganho em comprimento, uniformidade do lote e sobrevivência. Dessa forma, a aquaponia apresenta potencial como sistema integrado para a produção de juvenis de tilápia-do-Nilo, especialmente quanto ao crescimento e aproveitamento do alimento, nas condições de manejo e dimensionamento utilizadas neste estudo.

Referências

ARAUCO, Luis Ricardo Romero; COSTA, Vyvian Bezerra. Restrição alimentar no desempenho produtivo da tilápia (*Oreochromis niloticus*). **Comunic. Sci.,** v. 3, n. 2, p. 134-138, 2012.

AZEVEDO, Venancio Guedes de; NETO, Hugo Gallo; ALMEIDA, Henrique Luís de Paula e Silva de; SANCHES, Eduardo Gomes. Sistemas de recirculação para cultivo de peixes marinhos – procedimento operacional padrão (POP). **Rev. Núcleo,** p. 1-13, 2014.

BENLİ, Aysel Çaglan Karasu; KÖKSAL, Gülten. The acute toxicity of ammonia on tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) larvae and fingerlings. **Turk. J. Vet. Anim. Sci.,** v. 29, n. 2, p. 339-344, 2005.

ESPINAL, Carlos A.; MATULIĆ, Daniel. Recirculating aquaculture technologies. In: GODDEK, Simon; JOYCE, Alyssa; KOTZEN, Benz; BURNELL, Gavin M. (ed.). **Aquaponics food production systems: combined aquaculture and hydroponic production technologies for the future.** Cham: Springer, 2019. p. 35-76. DOI: 10.1007/978-3-030-15943-6_3.

FÜLBER, Vanice Marli; MENDEZ, Lauro Daniel Vargas; BRACCINI, Graciela Lucca; BARRERO, Nelson Mauricio Lopera; DIGMEYER, Melanye; RIBEIRO, Ricardo Pereira. Desempenho comparativo de três linhagens de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em diferentes densidades de estocagem. **Acta Sci. Anim. Sci.,** v. 31, n. 2, p. 177-182, 2009.

HISANO, Hamilton; BARBOSA, Phillipe Thiago Leite; HAYD, Liliam de Arruda; MATTIOLI, Cristiano Campos. Comparative study of growth, feed efficiency, and hematological profile of Nile tilapia fingerlings in biofloc technology and recirculating aquaculture system. **Trop. Anim. Health Prod.,** v. 53, n. 3, art. 60, p. 1-7, 2021. DOI: 10.1007/s11250-020-02523-z.

HUNDLEY, Guilherme Crispim; NAVARRO, Rodrigo Diana. Aquaponia: a integração entre piscicultura e a hidroponia. **Rev. Bras. Agropecu. Sustent.,** v. 3, n. 2, p. 52-61, 2013. DOI: 10.21206/rbas.v3i2.218.

JORDAN, Rodrigo Aparecido; CORTEZ, Luis Augusto Barbosa; JÚNIOR, Ricardo Baldassin; SCORVO FILHO, João Donato; FRASCÁ-SCORVO, Celia Maria Doria; RIGOLINO, Marcos Guilherme; TABATA, Yara Aiko. Sistema intensivo de criação de peixe com recirculação de água e

controle de temperatura via bomba de calor de duplo efeito térmico. **Rev. Bras. Eng. Biossist.,** v. 5, n. 1, p. 12-22, 2011.

KHATER, El-Sayed; BAHNASAWY, Adel; ALI, Samir; ABBAS, Wael; MORSY, Osama; SABAHY, Amr. Study on the plant and fish production in the aquaponic system as affected by different hydraulic loading rates. **Sci. Rep.,** v. 13, art. 17505, 2023. DOI: 10.1038/s41598-023-44707-1.

KHATER, El-Sayed; BAHNASAWY, Adel; MOSA, Heba; ABBAS, Wael; MORSY, Osama. Nutrient supply systems and their effect on the performance of the Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) and Lettuce (*Lactuca sativa*) plant integration system. **Sci. Rep.,** v. 14, art. 4229, 2024. DOI: 10.1038/s41598-024-54656-y.

KIU, Q.-S. C.; TEOH, C.-Y.; OOI, A.-L. Aquaponics vs. recirculating aquaculture system: assessing productivity and water use efficiency of native fish species *Empurau* (*Tor tambroides*) and *Jelawat* (*Leptobarbus hoevenii*) compared to red hybrid tilapia. **Sains Malays.,** v. 53, n. 4, p. 747-757, 2024. DOI: 10.17576/jsm-2024-5304-02.

NAKAUTH, Rogério Ferreira; NAKAUTH, Ana Carolina Souza; NATIVIDADE, Arildomar Garcia; GUIMARÃES, Alessandro de Souza; RIBEIRO, Arlesson Farias. Implantação de módulo doméstico de aquaponia. **Rev. Educ. Ciênc. Tecnol. IFAM,** v. 14, n. 1, 2020.

SABWA, Josiah A.; MANYALA, Julius O.; MASESE, Frank O.; FITZSIMMONS, Kevin; ACHIENG, Alfred O.; MUNGUTI, James M. Effects of stocking density on the performance of lettuce (*Lactuca sativa*) in small-scale lettuce-Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) aquaponic system. **Aquac. Fish Fish.,** v. 2, n. 6, p. 458-469, 2022. DOI: 10.1002/aff2.71.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Código de Financiamento 001, e da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES). Os autores agradecem à Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) e ao Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) pelo apoio institucional e infraestrutura concedidos ao Laboratório de Nutrição e Produção de Espécies Ornamentais para a execução desta pesquisa