



O uso do Hidróxido de Cálcio Ca(OH)_2 na produção de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) no estado do Paraná, Brasil

Analice Timoteo de Araujo¹, David Borovicz Carvalho da Silva de Jesus², Pedro Rondon Werneck³, Daniel da Silva Ladislau⁴, Aldi Feiden⁵



<https://doi.org/10.36557/2009-3578.2025v11n2p1407-1424>

Artigo recebido em 15 de Julho e publicado em 15 de Agosto de 2025

ARTIGO ORIGINAL

RESUMO

A aquicultura brasileira, especialmente a produção de tilápia (*Oreochromis niloticus*), tem crescido significativamente, mas enfrenta desafios relacionados à qualidade da água, como a acidificação e a redução da alcalinidade. Este estudo avaliou o uso do hidróxido de cálcio Ca(OH)_2 como alcalinizante na piscicultura de tilápia no Paraná, analisando métodos de aplicação, dosagens e seus efeitos nos parâmetros físico-químicos da água. Foram coletados dados de 44 produtores das principais regiões produtoras do estado, por meio de questionários semiquantitativos, abordando porte dos empreendimentos, densidade de estocagem, dosagens de Ca(OH)_2 , frequência de aplicação e fontes de informação técnica. Os resultados indicaram que a maioria das unidades de produção piscícola (79,55%) eram de grande porte ($>10.000 \text{ m}^2$) e utilizavam dosagens médias de $18\text{--}19,4 \text{ g/m}^2$ de Ca(OH)_2 , aplicadas principalmente de forma manual ("a lance"). A alcalinidade média da água após aplicação foi de $85,7 \text{ mg.L}^{-1}$ (grandes produtores) e $71,1 \text{ mg.L}^{-1}$ (médios produtores), com correlação positiva entre dosagem e níveis de alcalinidade ($\rho=0,368$; $p=0,01$). A assistência técnica foi a principal fonte de informação (80–89% dos produtores), seguida por cursos e trocas de informações com outros produtores. Concluiu-se que o Ca(OH)_2 é eficaz na correção da alcalinidade, mas a aplicação manual ainda predomina, indicando oportunidades para maior adoção de tecnologias automatizadas. A estabilidade da qualidade da água obtida reforça a importância do manejo adequado para a sustentabilidade da atividade.

Palavras-chave: Alcalinidade, Piscicultura, Qualidade de água, Sustentabilidade.



The Use of Calcium Hydroxide Ca(OH)₂ in Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* Production in Paraná State, Brazil

ABSTRACT

Brazilian aquaculture, particularly Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) farming, has grown significantly in recent years but faces challenges related to water quality, such as acidification and decreased alkalinity. This study evaluated the use of calcium hydroxide Ca(OH)₂ as an alkalizing agent in tilapia aquaculture in Paraná, analyzing application methods, dosages, and their effects on water physicochemical parameters. Data were collected from 44 producers in the state's main tilapia farming regions through semi-quantitative questionnaires, addressing farm size, stocking density, Ca(OH)₂ dosages, application frequency, and sources of technical information. Results showed that most producers (79.55%) operated large-scale farms (>10,000 m²) and applied average dosages of 18–19.4 g/m² of Ca(OH)₂, primarily through manual broadcasting. The average water alkalinity after application was 85.7 mg.L⁻¹ for large-scale producers and 71.1 mg.L⁻¹ for medium-scale producers, with a positive correlation between dosage and alkalinity levels ($\rho = 0.368$; $p = 0.01$). Technical assistance was the main source of information (80–89% of producers), followed by training courses and peer exchanges. The study concluded that Ca(OH)₂ is effective in correcting water alkalinity; however, manual application remains predominant, highlighting opportunities for greater adoption of automated technologies. The improved water quality reinforces the importance of proper management for the sustainability of fish farming.

Keywords: Alkalinity, Fish Farming, Water Quality, Sustainability.

Instituição afiliada – Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste, Campus Toledo, Paraná.

Autor correspondente: Analice Timoteo de Araujo analice.t.araujo@gmail.com

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).





INTRODUÇÃO

Frente ao crescente papel da aquicultura no cenário mundial, o Brasil tem se destacado como um dos países com potencial elevado para o desenvolvimento sustentável da produção aquícola (EMBRAPA, 2025). Segundo dados recentes, o país produziu no ano de 2023 aproximadamente 655,3 mil toneladas, representando um incremento de 5,8% em relação ao ano anterior (IBGE, 2023). Desde então, suas exportações de pescados, principalmente a tilápia do Nilo, vêm apresentando consideráveis crescimentos nos mercados internacionais, principalmente para os Estados Unidos (FAO, 2024).

Apesar do crescimento, a atividade enfrenta desafios significativos relacionados ao uso sustentável da água. Práticas inadequadas, como a falta de saneamento e o despejo de efluentes não tratados, contribuem para a degradação dos recursos hídricos, criando um cenário contraditório de escassez (ASSIS et al, 2024). Em diversas bacias hidrográficas, têm-se observado desafios relacionados à disponibilidade hídrica, o que pode dificultar processos de licenciamento e a obtenção de outorgas, sendo essas, fundamentais para assegurar o uso racional da água para empreendimentos rurais. Esse cenário já se manifesta em algumas regiões, como no Paraná (WERNECK et al., 2024). Em áreas classificadas como críticas, as análises para concessão de licenciamentos ambientais são conduzidas de forma mais rigorosa, conforme disposto na Portaria nº 10/2021. O seu Art. 4º estabelece a suspensão temporária da emissão de novas outorgas para o uso de recursos hídricos nessas regiões. Complementarmente, o Art. 5º prevê o enquadramento transitório da qualidade da água em classes específicas, com metas progressivas a serem alcançadas até 2040, visando à preservação e à recuperação dos corpos hídricos (PARANÁ, 2021).

As altas densidades de peixes em sistemas intensivo, podem causar mudanças acentuadas nas condições da água, como aumento na carga orgânica, eutrofização, maior acidez e menor alcalinidade (NASCIMENTO; DENADAI, 2024). Em viveiros com baixa alcalinidade, a eficiência de adubação é reduzida, os organismos presentes no meio, necessitam da água em condições específicas para que possam se reproduzir, alimentar-se e crescer (MORO et al., 2013). Em sistemas de cultivo intensivos, há uma acumulação expressiva de compostos nitrogenados devido à alta densidade de



estocagem e à grande quantidade de ração fornecida. Essa dinâmica impõe a necessidade de maior controle da alcalinidade, principalmente dos íons carbonato e bicarbonato, que atuam como tampões no sistema. Durante a nitrificação, processos em que a amônia (NH_3^+) é convertida em nitrito (NO_2^-) e posteriormente em nitrato (NO_3^-) por ação bacteriana, ocorre o consumo contínuo de alcalinidade, o que leva à redução do pH (SÁ, 2023). Para evitar oscilações prejudiciais ao metabolismo dos peixes, torna-se necessária a correção frequente da alcalinidade da água por meio de adição de compostos alcalinizantes (OWATARI, 2022).

Nesse contexto, o uso de alcalinizantes representa uma estratégia eficaz para a estabilização dos parâmetros físico-químicos da água. Visto que a variação nictemeral desses parâmetros está relacionada à capacidade tampão do ambiente, que depende diretamente da alcalinidade e da dureza da água, ambas devem ser mantidas acima de 50 mg.L^{-1} de CaCO_3 em viveiros escavados (BOYD, 2020). Diante disto, o objetivo do presente estudo buscou avaliar o uso da cal hidratada Ca(OH)_2 em piscicultura, comparando os diferentes métodos de aplicação e dosagens empregadas por produtores de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) no estado do Paraná, região sul do Brasil.

METODOLOGIA

Coleta de dados

Foi elaborado o questionário semiquantitativo composto por perguntas abertas e fechadas utilizando-se do aplicativo *Google Forms*® e compartilhado com produtores via aplicativo de mensagem *Whatsapp*® das três principais regiões produtoras de peixe do estado do Paraná. Os questionários foram compostos por perguntas relacionadas aos seguintes aspectos: porte do empreendimento (conforme sua área de lâmina d'água), densidade de estocagem, métodos de aplicação, dosagens de Ca(OH)_2 aplicada e frequência de uso de Ca(OH)_2 , níveis de alcalinidade da água ($\text{CaCO}_3 \text{ mg.L}^{-1}$, melhorias na produção aquícola após o uso de Ca(OH)_2 e fontes de informação técnica utilizadas pelos produtores.

Análise de dados



Os dados dos questionários foram tabulados e analisados inicialmente por meio de estatística descritiva, com as respostas dos participantes sendo quantificadas conforme a frequência relativa. A normalidade dos dados amostrais foi verificada através do teste de *Shapiro-Wilk*, enquanto possíveis diferenças nas práticas de manejo (por exemplo, dosagens de Carbonato de Cálcio aplicadas, níveis de alcalinidade alcançados e intervalos de dias de aplicação) entre as categorias de produtores foram analisadas por meio do teste de *Mann-Whitney*. O coeficiente de correlação de *Spearman* foi utilizado para determinar as correlações entre as práticas de manejo (métodos de aplicação e dosagens) e parâmetros de qualidade da água (alcalinidade). Todas as análises foram realizadas com nível de significância de 5%, utilizando as ferramentas estatísticas do software Statistica 7.0.

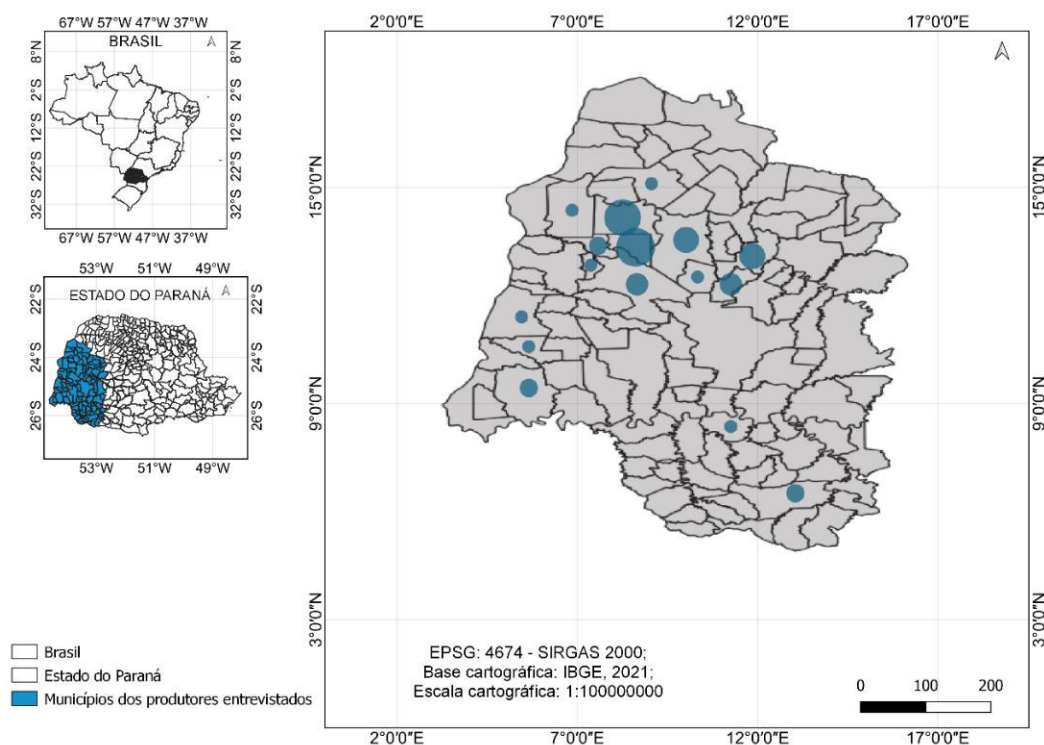
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aspectos dos produtores de Tilápia do Nilo

Ao todo, 44 produtores responderam aos questionários, oriundos de 16 municípios, sendo a grande maioria pertencente a região Oeste paranaense, destacando-se os municípios de Maripá (20,45%) e Palotina (18,18% produtores). Além disso, houve participações de produtores das regiões Sudoeste e Noroeste do Paraná. A região do oeste paranaense desempenha papel fundamental no desenvolvimento da tilapicultura e da cadeia produtiva do pescado, abrigando cooperativas, frigoríficos, fornecedores de insumos e instituições de apoio que são essenciais para a consolidação do arranjo produtivo local (FEIDEN et al., 2018). Todos esses fatores contribuíram para consolidação do estado do Paraná no cenário nacional, o tornando maior polo produtor de tilápia do país (EMBRAPA, 2020). Os municípios com menores participações foram Iporã, Missal, Nova Prata do Iguaçu, Quatro Pontes, Santa Helena, Terra Roxa e Tupãssi (Figura 1).



Figura 1. Localização dos municípios paranaenses participantes da pesquisa.



Fonte: Autores, 2025.

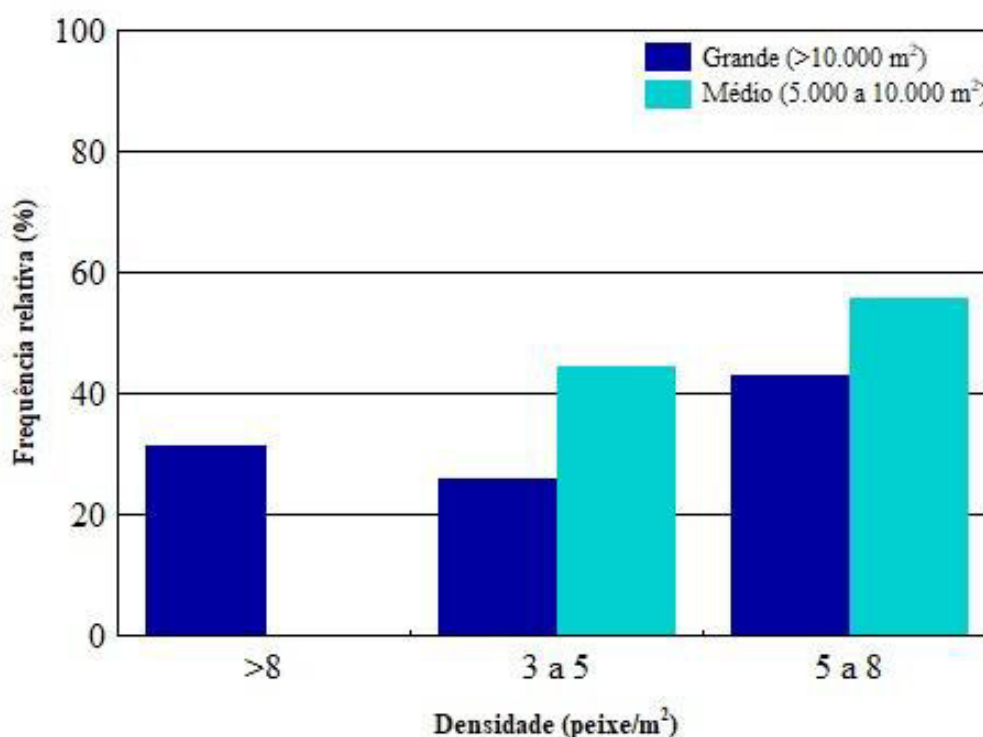
Na região oeste do Paraná, os empreendimentos de piscicultura foram classificados por WERNECK et al. (2023) conforme seu porte, sendo as pequenas com até 6.000 m² de lâmina d'água, enquanto as de grande porte são descritas acima de 10.000 m². A maioria dos participantes (79,55%) foram considerados de grande porte (empreendimento com capacidade superior a 10.000 m² de lâmina d'água). Todos os produtores afirmaram fazer uso do hidróxido de cálcio Ca(OH)_2 durante a produção de peixes em seus empreendimentos, utilizando-se principalmente das aferições de alcalinidade como critério para aplicação do produto durante as fases do cultivo.

A densidade de estocagem em sistemas de produção aquícola está diretamente relacionada à qualidade da água e à sustentabilidade do cultivo (BOYD; TUCKER, 2014). Em relação à estocagem para a fase de terminação, as respostas às perguntas sobre qual a intensificação, para densidade moderada (3 a 5 peixes/m²), sistema semi-intensivo (5 a 8 peixes/m²) com aeração artificial e controle da qualidade da água; e sistemas intensivos, com densidades superiores a 8 peixes/m², mostraram que a maioria dos produtores estocam de 5 a 8 peixes/m², sendo que as pisciculturas classificadas como



grandes representam 42,8% e os médios médio 55,5%, conforme descrito na figura 2. O sistema semi-intensivo realiza trocas parciais diárias de água, o que reduz o consumo hídrico e a carga de efluentes, promovendo maior sustentabilidade na produção (RODRIGUES et al., 2013; FARIA et al., 2013). A combinação de densidades de estocagens adequadas com manejo técnico eficiente é fundamental para maximizar o retorno econômico na piscicultura, otimizando assim a produção.

Figura 2. Densidades de peixes utilizadas pelos piscicultores paranaenses de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).



Fonte: Autores, 2025.

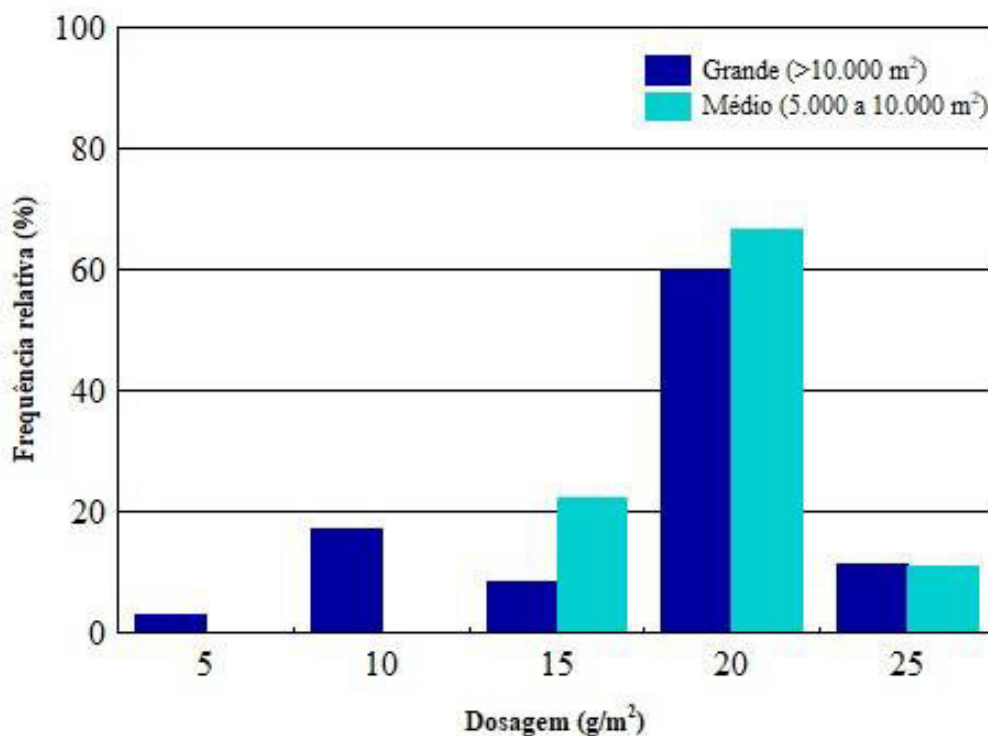
Aspectos do uso de Ca(OH)_2 na água de cultivo

Diferentes fontes de captação de água são utilizadas na piscicultura, variando quanto aos níveis de alcalinidade. O ajuste adequado desses níveis pode ser decisivo para a produtividade (AMJAD et al., 2025). Os piscicultores paranaenses utilizam diferentes dosagens de Ca(OH)_2 em seus sistemas de produção, valores que variam entre 5 a 25 g/m² (Figura 3). No entanto, a dosagem mais utilizada pelos piscicultores foi de 20 g/m² de Ca(OH)_2 (grande 60% e médio 66,6%). Alguns estudos realizados com alevinos de tilápia do Nilo, indicam que o uso de concentrações de 3 g.L⁻¹ de carbonato



de sódio para aumentar a alcalinidade, provocam também estresse oxidativo, alterações negativas na microbiota intestinal e diminuição da sobrevivência, enquanto concentrações menores causam respostas antioxidantes sem impacto no crescimento (YU et al., 2025). No estudo conduzido por Zhang et al. (2025), os autores observaram que concentrações de 4 g.L^{-1} de carbonato de sódio resultaram em estresse oxidativo, afetando a morfologia das brânquias e causando danos mitocondriais em alevinos de tilápias do Nilo. A dosagem média de Ca(OH)_2 aplicada pelos piscicultores de empreendimentos classificados como grande foi de 18 g/m^2 , enquanto para os médios foi de $19,4 \text{ g/m}^2$. A relação de hidróxido de cálcio na produção de tilápia do Nilo, estudado por Martins et al. (2019) em sistema de bioflocos está associado com melhorias na qualidade de água e ao equilíbrio do sistema, contribuindo para melhor desempenho produtivo e econômico desses cultivos.

Figura 3. Dosagem de Hidróxido de Cálcio Ca(OH)_2 empregadas pelos piscicultores paranaenses.



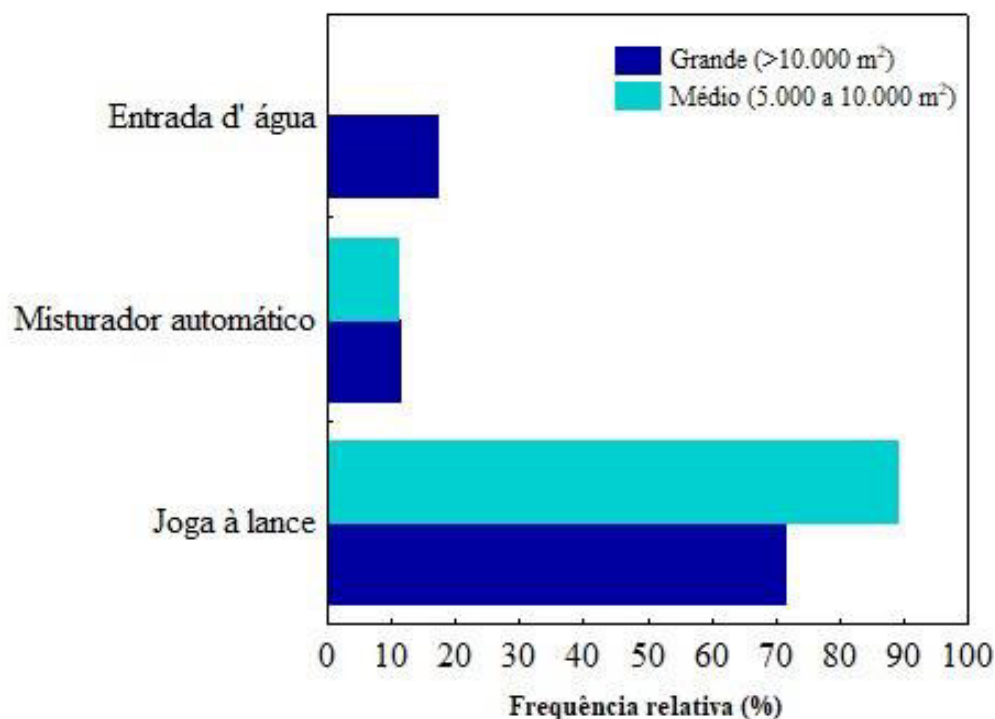
Fonte: Autores, 2025.

Ao todo, os piscicultores relataram utilizar três métodos distintos para a aplicação de Ca(OH)_2 na água de cultivo: pela entrada d'água, com auxílio de misturador automático e pelo método manual conhecido como "a lance". Apesar da disponibilidade de opções mecanizadas, observou-se que a aplicação manual "a lance" permanece como



a prática predominante entre os entrevistados. Essa preferência é particularmente expressiva quando analisada por porte de propriedade: nas pisciculturas de grande porte, 71,4% dos produtores adotam esse método, enquanto nas de médio porte o percentual é ainda mais elevado, atingindo 88,8%, conforme ilustrado na Figura 4. Por outro lado, o uso de equipamentos industriais, como misturadores automáticos, mostrou-se pouco frequente, sendo registrado em apenas 11,4% das propriedades de grande porte e 11,1% das de médio porte, o que indica baixa adoção de tecnologias mecanizadas no processo de aplicação. Sabe-se que a mecanização e automação dos processos produtivos potencializam o manejo diário na aquicultura e que são fundamentais para otimização das atividades rotineiras (BUENO et al., 2025). Além disso, o emprego dessas tecnologias permite a redução da mão de obra e aumentam a precisão nas operações de manejo (BRITO et al., 2017; AFEWERKI et al., 2023).

Figura 4. Principais métodos de aplicação de hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2) pelos piscicultores paranaenses.



Fonte: Autores, 2025.

Não foram observadas diferenças significativas entre as práticas de manejos empregados pelos produtores de tilápia do Nilo da região. Os intervalos médios de aplicações do hidróxido de cálcio nos sistemas de produção foram similares entre as



categorias de piscicultores (Tabela 1).

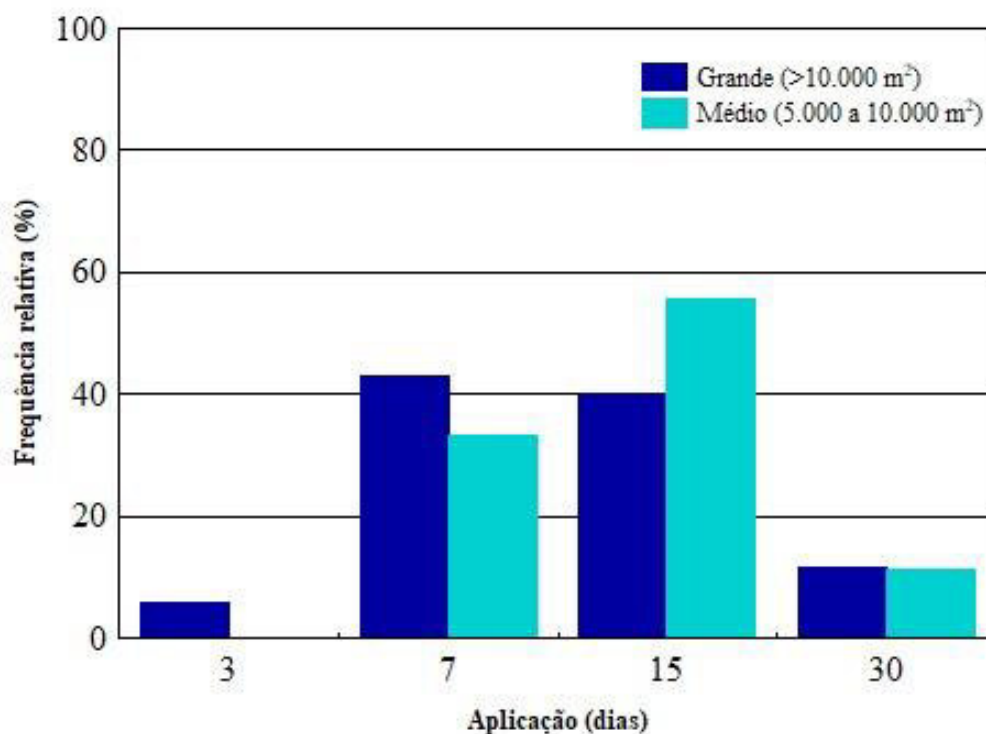
Tabela 1. Valores (média $\pm$ desvio-padrão) de dosagem de hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2), intervalo de dias de aplicação e alcalinidade durante a produção de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

Variáveis	Categoria		p-valor* ($p < 0,05$)
	Grande ($>10.000 \text{ m}^2$)	Médio (5.000 a 10.000 m^2)	
Dosagem de CaCO_3 (g/m^2)	$18 \pm 5,03$	$19,4 \pm 3$	0,61
Aplicação (dias)	$12,6 \pm 7,57$	$14 \pm 7,14$	0,45
Alcalinidade (mg/L)	$85,7 \pm 30,2$	$71,1 \pm 21,5$	0,23

Legenda: *Teste de Mann-Whitney. Fonte: Autores, 2025.

Apesar da similaridade observada em relação aos intervalos de aplicação entre as categorias de piscicultores, o intervalo de aplicação entre os grandes empreendimentos foi menor (7 dias; 42,8%) que aos intervalos observados em empreendimentos de categoria média (15 dias; 55,5%), conforme demonstrado na figura 5 a seguir.

Figura 5. Intervalos de aplicação (número de dias) de hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2) na produção de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) por piscicultores paranaenses.

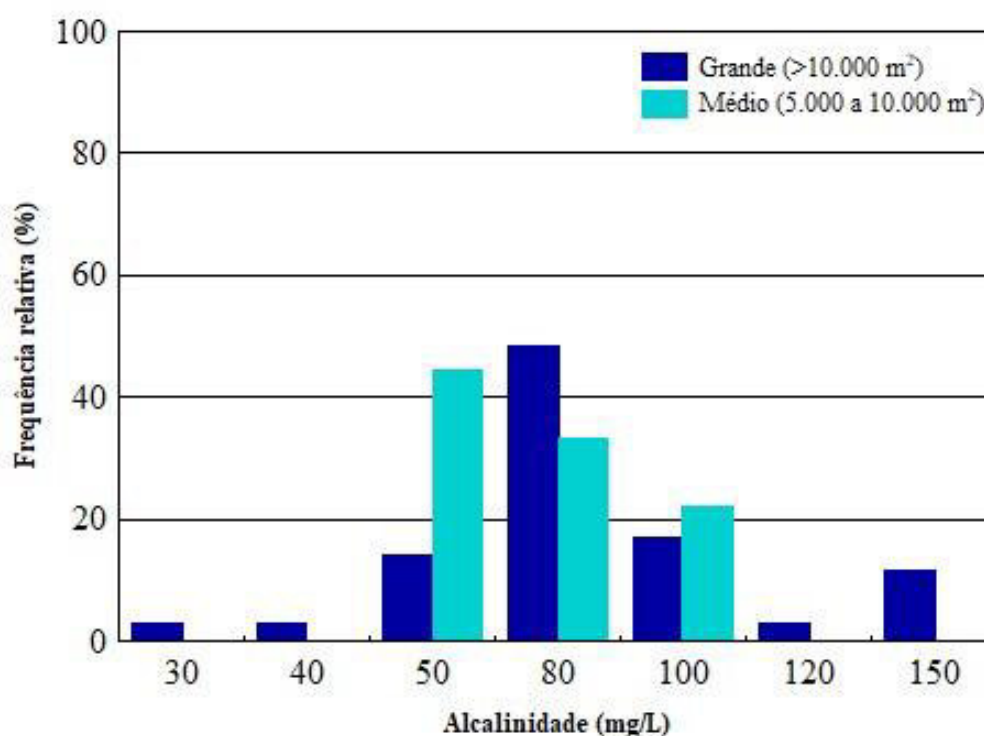


Fonte: Autores, 2025.



Em relação aos índices de alcalinidade da água após a aplicação de Ca(OH)_2 , o valor máximo relatado pelos piscicultores foi de 150 mg CaCO_3/L . Entre os produtores de grande porte, a faixa mais frequentemente registrada foi de 80 mg $\text{CaCO}_3.\text{L}^{-1}$, mencionada por 48,5% dos entrevistados, apresentando média geral de 85,7 mg $\text{CaCO}_3.\text{L}^{-1}$. Já entre os produtores classificados como médio porte, os valores foram inferiores, com destaque para 50 mg $\text{CaCO}_3.\text{L}^{-1}$, reportados por 44,4% dos participantes, e média de 71,1 mg $\text{CaCO}_3.\text{L}^{-1}$. (Figura 6 e Tabela 1). Em estudos realizados com a pirapitinga (*Piaractus brachypomus*) em sistema de cultivo de bioflocos, onde foram testadas fontes alternativas de alcalinizantes, o hidróxido de cálcio Ca(OH)_2 teve melhor desempenho, estabilizando em $82,62 \pm 29,77$ mg $\text{CaCO}_3.\text{L}^{-1}$ de média, com uma taxa de sobrevivência de 99,18% dos peixes e conversão alimentar de 0,68 durante o período (UENO-FUKURA et al., 2019). Resultados estes que ressaltam eficácia do hidróxido de cálcio na correção do pH e da alcalinidade em ambientes de cultivo de peixes, sendo parâmetros fundamentais para a manutenção da estabilidade físico-química da água e para o crescimento ideal dos organismos cultivados.

Figura 6. Níveis de alcalinidade registrados com aplicação de Hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2) na água de cultivo pelos piscicultores paranaenses.



Fonte: Autores, 2025.



Mediante aplicação do teste de correlação de Spearman, foi demonstrada correlações significativas entre os níveis de alcalinidade e os níveis de dosagens de hidróxido de cálcio e o intervalo de aplicação (Tabela 2). O coeficiente de correlação do teste demonstrou uma correlação positiva fraca entre as variáveis alcalinidade e dosagem ($\text{Rho}=0,36$). Enquanto, entre os intervalos de aplicação e os índices de alcalinidade registrados durante o período de cultivo, a correlação foi negativa, indicando relações inversamente proporcionais entre as variáveis ($\text{Rho}=-0,38$). Tais relações podem indicar a influência direta da região onde a piscicultura está localizada e as práticas de manejo empregado pelos produtores, por exemplo, tipo de solo, fontes de captação de água, taxa de renovação da água dos viveiros, níveis de CO_2 e material orgânico particulado.

Tabela 2. Matriz de correlação e coeficiente do teste Spearman entre as variáveis dosagem, alcalinidade e intervalos de aplicação de hidróxido de cálcio Ca(OH)_2 no cultivo de tilápia.

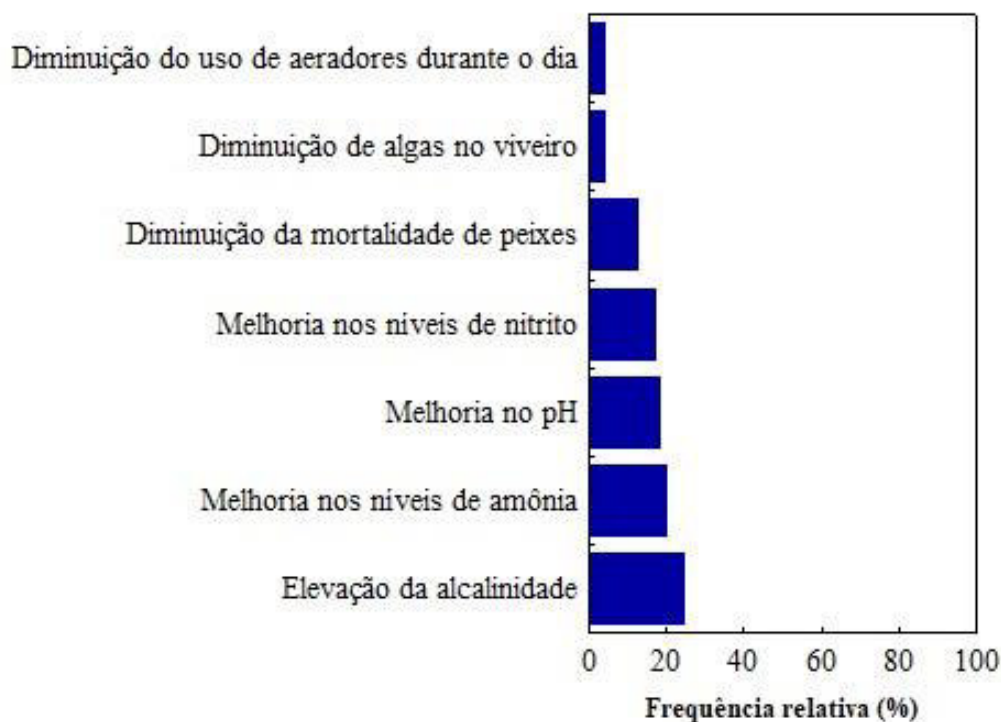
Variáveis		Dosagem de Ca(OH)_2 (g/m^2)	Alcalinidade (mg/L)	Aplicação (dias)
Dosagem de Ca(OH)_2 (g/m^2)	Rho	-		
	<i>p</i> -valor ($p<0,05$)	-		
Alcalinidade (mg/L)	Rho	0,36	-	
	<i>p</i> -valor ($p<0,05$)	0,01*	-	
Aplicação (dias)	Rho	-0,16	-0,38	-
	<i>p</i> -valor ($p<0,05$)	0,28	0,01*	-

Legenda: *correlações significativas. Fonte: Autores, 2025.

O uso de hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2) na água de cultivo foi associado, segundo relatos dos piscicultores, a uma série de benefícios diretos e indiretos à produção aquícola (Figura 7). Entre os efeitos mais citados, destacaram-se o aumento dos índices de alcalinidade da água, mencionado por 24,6% dos entrevistados, e a melhoria nos níveis de amônia durante o ciclo de cultivo, apontada por 20,1% dos piscicultores. Além desses, também foram mencionadas reduções na mortalidade dos peixes, diminuição de algas e menor necessidade de uso de aeradores durante o dia. Esses resultados indicam que o uso do produto pelos produtores é satisfatório, contribuindo positivamente para a qualidade da água e o desempenho produtivo.



Figura 7. Principais benefícios relatados pelos piscicultores paranaenses de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) mediante aplicação de hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2) nos sistemas de cultivo.

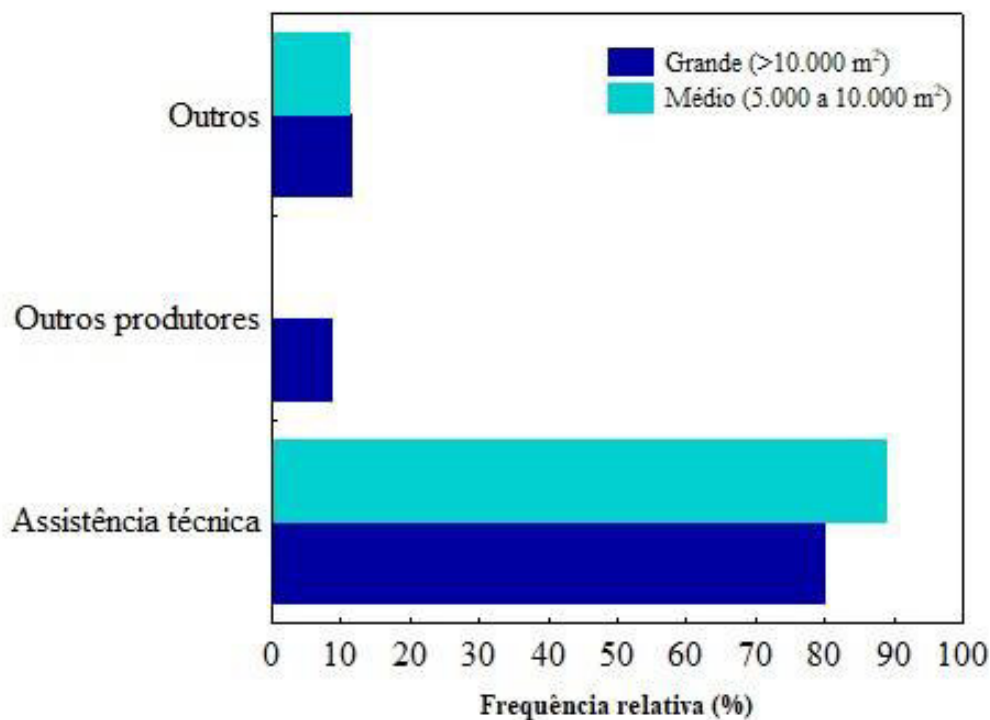


Fonte: Autores, 2025.

A assistência técnica é a principal referência para os produtores sobre os aspectos de uso de hidróxido de cálcio na água durante os ciclos de cultivo (grande 80% e médio 88,8%). Além disto, os produtores também contam com orientações de outros produtores e informações obtidas por meio da participação em cursos, palestras e eventos técnicos-científicos (Figura 8). Maulu et al. (2021) enfatizam que em países desenvolvidos a extensão rural impulsiona a produtividade. Atualmente, o modelo pluralista de extensão, com participação de diversos atores, atende melhor às diferentes realidades dos produtores. No entanto, seu sucesso depende do alinhamento com demandas reais e do monitoramento contínuo, garantindo que as informações sejam compreendidas e aplicadas no campo (BLUM et al., 2020).



Figura 8. Principais fontes de informações consultadas pelos produtores paranaenses de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) para aplicação de Hidróxido de cálcio Ca(OH)_2 .



Outros: cursos, palestras e eventos. Fonte: Autores, 2025.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que a aplicação do hidróxido de cálcio é uma prática eficaz para o manejo da alcalinidade em sistemas de produção de tilápia do Nilo no Paraná, promovendo um ambiente físico-químico mais estável e favorável ao cultivo. Entretanto, a maior parte dos produtores ainda utiliza métodos manuais, o que limita a eficiência operacional e o potencial produtivo. A disseminação das informações via assistência técnica e eventos técnico-científicos é essencial para a capacitação dos piscicultores e para a adoção de práticas aprimoradas. Dessa forma, recomenda-se o incentivo à mecanização da aplicação e o fortalecimento dos sistemas de extensão para assegurar a sustentabilidade e o crescimento do setor aquícola regional.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos produtores de tilápia do Nilo do estado do Paraná pela



colaboração e disponibilidade em participar deste estudo. Agradecem também à CAPES e ao CNPq pela concessão das bolsas de estudo, bem como ao Grupo de Estudos de Manejo na Aquicultura (GEMaQ) pelo apoio.

REFERÊNCIAS

AFEWERKI, S. et al. Innovation in the Norwegian aquaculture industry. *Reviews in Aquaculture*, v. 15, n. 2, p. 759–771, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/raq.12755>. Acesso em: 5 ago. 2025.

AMJAD, K. et al. Impact of alkalinity treatments on biofloc dynamics and growth performance in *Penaeus vannamei* shrimp culture. *Aquaculture Reports*, v. 42, p. 102797, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2025.102797>. Acesso em: 5 ago. 2025.

ASSIS, G H; R; VIEIRA, E M; DE ASSIS MORAIS, A. Educação Ambiental para a gestão de recursos hídricos. *Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)*, v. 19, n. 3, p. 431-447, 2024.

BLUM, M. L.; COFINI, F.; SULAIMAN, R. V. *Agricultural extension in transition worldwide: policies and strategies for reform*. Rome: FAO, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.4060/ca8199en>. Acesso em: 4 ago. 2025.

BOYD, C. E. *Water quality: an introduction*. 3. ed. Cham: Springer Nature Switzerland, 2020.

BOYD, C. E.; TUCKER, C. S. *Handbook for aquaculture water quality*. [S.l.]: [s.n.], 2014. 439 p.

BRITO, J. M. et al. Automação na tilapicultura: revisão de literatura. *Revista Eletrônica Nutri-Time*, ISSN: 1983-9006 2017. Vol. 14, N. 03, maio/jun. de 2017.

BUENO, G. W. et al. Transformação agrícola com o uso de tecnologias 5.0: a digitalização da aquicultura. *Observatório de la Economía Latinoamericana*, v. 23, n. 3, p. e9331–e9331, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.55905/oelv23n3-110>. Acesso em: 5 ago. 2025.

EMBRAPA. Caracterização da cadeia produtiva da tilápia nos principais polos de produção do Brasil. Manoel Xavier Pedroza Filho [et al.]. Palmas, TO: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2020. 49 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Pesca e Aquicultura, n. 26. ISSN 2318-1400).

EMBRAPA. Tendências da aquicultura no Brasil: um levantamento participativo / Marta Eichemberger Ummus [et al.]. – Palmas, TO: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2025. 53 p.: il. color. (Documentos / Embrapa Pesca e Aquicultura, ISSN 2318-1400; 58).

FAO. The state of world fisheries and aquaculture 2024: blue transformation in action.



Rome: 2024. Disponível em: <https://openknowledge.fao.org/items/06690fd0-d133-424c-9673-1849e414543d>.

FARIA, R. H. S. et al. Criação de peixes em viveiros. Brasília: Codevasf, 2013. p. 54–65.

FEIDEN, A. et al. A cadeia produtiva da tilápia no oeste do Paraná: uma análise sobre a formação de um arranjo produtivo local. *Redes*, Santa Cruz do Sul: Universidade de Santa Cruz do Sul, v. 23, n. 2, p. 238–263, maio-ago. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.17058/redes.v23i2.8992>. Acesso em: 4 ago. 2025.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Pecúaria municipal, Rio de Janeiro, v. 51, p.1-12, 2023.

MARTINS, G. B. et al. Growth, water quality and oxidative stress of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) in biofloc technology system at different pH. **Aquaculture Research**, v. 50, n. 4, p. 1030-1039, 2019.

MAULU, S. et al. Enhancing the role of rural agricultural extension programs in poverty alleviation: A review. *Cogent Food & Agriculture*, v. 7, n. 1, p. 1886663, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/23311932.2021.1886663>. Acesso em: 4 ago. 2025.

MORO, G. V., Torati, L. S., Luiz, D. D. B., & de MATOS, F. T. (2013). Monitoramento e manejo da qualidade da água em pisciculturas.

NASCIMENTO, A J D S; DENADAI, M S. Piscicultura no Brasil. *Tekhne e Logos*, v. 15, n. 1, p. 15-24, 2024.

OWATARI, M S et al. Sistemas de recirculação e reúso de água na aquicultura: Uma ferramenta para sustentabilidade. *Ciências agrárias: a multidisciplinaridade dos recursos naturais*, 2022.

PARANÁ. Portaria N.º 10. Área crítica quanto ao uso de recursos hídricos. Instituto Água e Terra Curitiba-PR, 2021.

RODRIGUES, A. P. O. Et al. (editores técnicos). *Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos*. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 440 p.

SÁ, M. *Limnocultura: limnologia para aquicultura*. São Paulo: Editora Blucher, 2 ed., 2023. 346 p.

UENO-FUKURA, M. et al. Usage of alkalizers in the nursery culture of *Piaractus brachypomus* with Biofloc technology – BFT. *AACL Bioflux*, v. 12, n. 4, p. 989–995, 2019.

WERNECK, P. R. et al. Analysis of the physical and morphological aspects of a hydrographic watershed with critical areas for the use of water resources, Brazil. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, v. 18, n. 12, p. 1-18, 2024.

WERNECK, P. R. et al. Caracterização da microbacia do Rio Branco e análise das unidades de produção piscícolas, através do uso de Geotecnologias. *Observatório de la Economía Latinoamericana*, v. 21, n. 5, p. 2749–2773, 2023. Disponível em:



<https://doi.org/10.55905/oelv21n5-021>. Acesso em: 5 ago. 2025.

YU, Q. et al. Growth performance, antioxidant capacity, intestinal microbiota, and metabolomics analysis of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) under carbonate alkalinity stress. *Aquaculture*, v. 595, p. 741675, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.741675>. Acesso em: 5 ago. 2025.

ZHANG, L. et al. Lysine deacetylase inhibitors (KDACi) enhance the adaptability of tilapia (*Oreochromis niloticus*) to carbonate alkalinity stress. *Aquaculture*, v. 604, p. 742492, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2025.742492>. Acesso em: 5 ago. 2025.