

Sistema de Monitoramento e Classificação da Qualidade de Água de Tanques Para a Piscicultura

Emanuel Teixeira Castro¹

Rafaella da Silva Nogueira²

RESUMO

A demanda mundial por pescado cresce de forma exponencial, tornando a piscicultura o setor produtivo de origem animal com maior taxa de crescimento nos últimos 20 anos. Assim, objetivou-se propor um sistema de avaliação e monitoramento da qualidade de água de tanques piscícolas (SIMAFISH), tanto para produção comercial como para consumo. Para tanto, foi desenvolvido uma plataforma em formato de planilha automatizada que fornece um panorama geral da qualidade da água de tanques piscícolas. A qualificação baseou-se em junção de parâmetros macroscópicos como, coloração, odor, presença de vegetação e indicadores físico-químicos como temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e pH. A análise qualitativa realizada nas propriedades localizadas no Maciço de Baturité, determinou que 44% dos tanques na propriedade em Itapiúna, obtiveram classificação ruim, necessitando urgentemente de intervenção, enquanto 55% dos tanques analisados na propriedade em Guaiúba receberam classificação razoável, identificando a necessidade de intervenção de forma preventiva. Por fim, o sistema foi eficiente na avaliação de qualidade da água em tanques piscícolas, todavia se faz necessário estender sua aplicabilidade para outras regiões do Maciço a fim de identificar e corrigir as principais limitações do SIMAFISH na avaliação de tanques piscícolas.

PALAVRAS-CHAVE: Piscicultura; Oxigênio Dissolvido; Automação; Temperatura.

ABSTRACT

The global demand for fish is growing exponentially, making fish farming the productive sector of animal origin with the highest growth rate in the last 20 years. Thus, the objective was to propose a system for evaluating and monitoring water quality in fish tanks (SIMAFISH), both for commercial production and consumption. To this end, an

automated spreadsheet platform was developed that provides an overview of the water quality of fish tanks. The qualification was based on the combination of macroscopic parameters such as color, odor, presence of vegetation and physical-chemical indicators such as temperature, dissolved oxygen, electrical conductivity and pH. The qualitative analysis carried out on properties located in the Massif de Baturité, determined that 44% of the tanks on the property in Itapiúna received a poor classification, requiring urgent intervention, while 55% of the tanks analyzed on the property in Guaiúba received a reasonable classification, identifying the need for preventive intervention. Finally, the system was efficient in evaluating water quality in fish tanks, however, it is necessary to extend its applicability to other regions of the Massif in order to identify and correct the main limitations of SIMAFISH in the evaluation of fish tanks.

KEYWORDS: Pisciculture; Dissolved oxygen; Automation; Temperatura.

INTRODUÇÃO

A prática da pesca e da aquicultura remete a milhares de anos, com o início na Ásia e Europa. O seu forte potencial econômico acarretou na difusão pelos demais continentes (FAO, 2020). Neste sentido, Schulter e Viana (2018) destacam que os pescados são divididos em duas classes, a pesca extrativa e a aquicultura. Dentro dos potenciais produtivos da aquicultura destaca-se a piscicultura, segmento que consiste na criação controlada de peixes em cativeiros, seja de forma extensiva, semi-intensiva, intensiva e superintensiva, com o intuito de exploração produtiva econômica e financeira (IPEA, 2017).

Essa prática tornou-se fator importantíssimo no fornecimento de pescado para a população mundial, sendo o setor produtivo de origem animal com maior taxa de crescimento nos últimos 20 anos (RORIZ et al., 2017). A demanda mundial por esses produtos vem crescendo gradativamente, contribuindo diretamente na geração de empregos e renda para o desenvolvimento rural, representando um mercado muito promissor. (COELHO et al., 2020).

O Brasil apresenta enorme potencial para produção piscícola. Segundo dados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), as exportações de peixes brasileiros aumentaram em torno de 15% no ano de 2022, em comparação ao ano anterior, atingindo valores em torno de US\$ 24 milhões no ano, chegando em um patamar inédito na história do setor. Liderando o ranking produtivo, destaca-se o estado do Paraná, responsável por 187.800 toneladas, seguido por São Paulo com 77.300 toneladas e Minas Gerais com 51.700 toneladas. A principal espécie cultivada é a tilápia (*Oreochromis niloticus*), correspondendo a 63,93% da produção nacional de peixes (PEIXE BR, 2023).

Apesar do enorme potencial, a piscicultura brasileira apresenta um aspecto limitador importante a ser considerado, suas características potencialmente poluidoras demandam estudos e preocupações acerca das práticas e do tipo de manejo utilizado, respeitando especialmente a qualidade da água e os limites da capacidade de suporte (CEDRO et al., 2022). Condições inadequadas de qualidade de água podem resultar em potenciais prejuízos à produtividade, qualidade e saúde dos peixes. Nesse contexto, percebe-se que o monitoramento da qualidade da água é indispensável para o produtor que deseja ter rentabilidade em seu empreendimento. Algumas pesquisas já demonstram a eficácia de métodos de monitoramento e planilhas de controle, de modo a gerar dados que possam atuar efetivamente nos setores públicos e privados (BARTZ, 2017; BRESCIANI, 2019; REIS et al., 2021; BERTOLO e CARDOSO, 2022; COSTA et al., 2022).

Nesse cenário, as geotecnologias surgem como ferramenta para auxiliar o monitoramento da qualidade do ambiente em que as espécies piscícolas são cultivadas. Segundo estudos desenvolvidos por Machado e Baptista (2016), o uso do sensoriamento remoto é capaz de auxiliar na avaliação de uma série de parâmetros da qualidade da água, sendo os mais recorrentes nas pesquisas: sólidos solúveis (Brinx^o), turbidez, transparência, condutividade elétrica, pH, clorofila e fósforos totais. Outros estudos comprovam sua eficiência em programas de monitoramento e qualidade de água, como é o caso do estudo proposto por Silva (2017), o sensoriamento remoto é uma importante ferramenta na determinação do nível trófico em programas de monitoramento ambiental ao longo de diferentes corpos hídricos, a partir de imagens de satélite é possível obter distribuição espacial da concentração de substâncias, tais como as de clorofila-a.

Ante o exposto, o presente trabalho tem como objetivo propor um sistema metodológico de avaliação e monitoramento da qualidade de água de tanques piscícolas, tanto para produção comercial como para consumo na região do Maciço de Baturité.

Nesse cenário, as geotecnologias surgem como ferramenta para auxiliar o monitoramento da qualidade do ambiente em que as espécies piscícolas são cultivadas. Segundo estudos desenvolvidos por Machado e Baptista (2016), o uso do sensoriamento remoto é capaz de auxiliar na avaliação de uma série de parâmetros da qualidade da água, sendo os mais recorrentes nas pesquisas: sólidos solúveis (Brinx^o), turbidez, transparência, condutividade elétrica, pH, clorofila e fósforos totais. Outros estudos comprovam sua eficiência em programas de monitoramento e qualidade de água, como é o caso do estudo proposto por Silva (2017), o sensoriamento remoto é uma importante ferramenta na determinação do nível trófico em programas de monitoramento ambiental ao longo de diferentes corpos hídricos, a partir de imagens de satélite é possível obter distribuição espacial da concentração de substâncias, tais como as de clorofila-a.

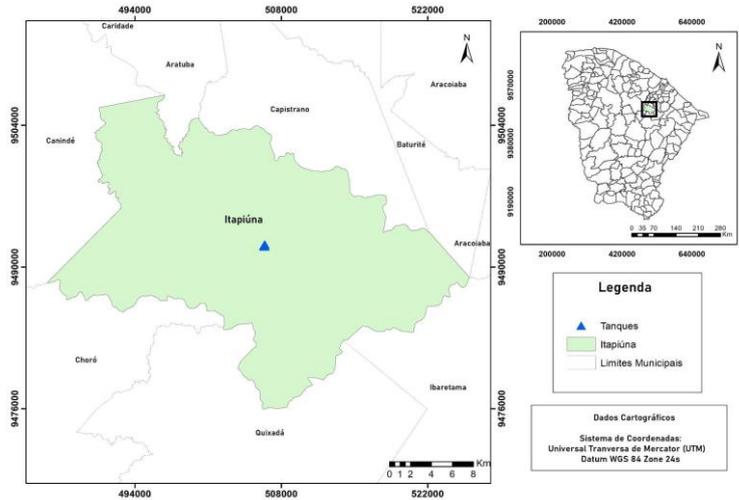
Ante o exposto, o presente trabalho tem como objetivo propor um sistema metodológico de avaliação e monitoramento da qualidade de água de tanques piscícolas, tanto para produção comercial como para consumo na região do Maciço de Baturité.

MATERIAS E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado em duas áreas distintas, ambas localizadas no estado do Ceará, as duas propriedades apresentam característica diferentes, tendo em vista que uma tem o viés produtivo apenas para o consumo e venda local enquanto a outra é estritamente comercial.

A primeira fase do estudo foi desenvolvida na Fazenda Lagoa das Carnaúbas, propriedade situada no Distrito de Caio Prado, Itapiúna, Ceará, entre as coordenadas 4°35'43.21"S e 38°56'30.96"O (Figura 1). A cidade faz parte da microrregião do Maciço de Baturité e possui uma área total de 593,231km², acolhendo 17.841 habitantes (IBGE, 2022). A região onde o município está localizado tem como característica o clima 'Aw' do tipo tropical com inverno seco e com a temperatura variando entre 26 a 28° C (KÖPPEN, 1923). A vegetação predominante apresenta características da Caatinga Arbustiva Densa. Em relação ao período chuvoso, os meses de janeiro a maio são os que apresentam maiores índices pluviométricos, com um total de 1.054mm, em contrapartida os meses de maio a novembro correspondem ao período seco do ano. Os solos encontrados nessa região são predominantes Planossolo Solódico e Argissolo Vermelho-Amarelo (IPECE, 2017).

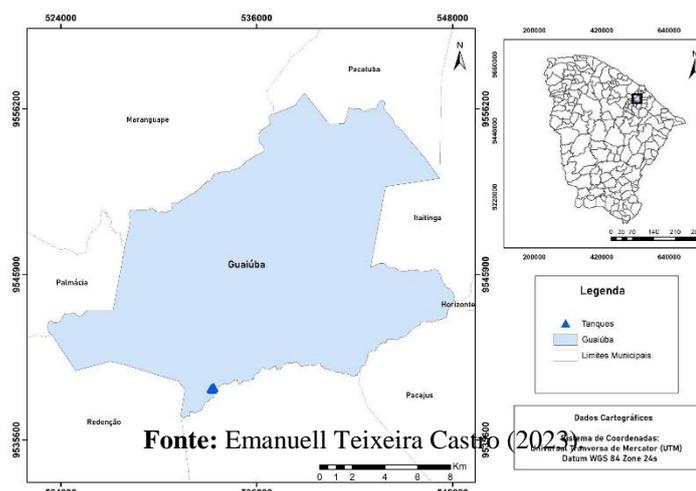
Figura 01: Localização da primeira área de estudo.



Fonte: Emanuell Teixeira Castro (2023).

A segunda fase do estudo foi realizada na Fazenda Fort Lev, propriedade situada no município de Guaiúba, entre as coordenadas $4^{\circ}10'20.05''S$ e $38^{\circ}41'59.08''O$ (Figura 2). A cidade faz parte da microrregião do Maciço de Baturité, possui uma área total de 256,053 km², com 24.217 habitantes (IBGE, 2022). A região onde o município está localizado tem como característica o clima 'Aw' do tipo tropical com inverno seco e com a temperatura variando entre 26 a 28° C (KÖPPEN, 1923). A vegetação predominante apresenta características da Caatinga Arbustiva Densa, com requisitos de Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial. Em relação ao período chuvoso os meses de janeiro a maio são os que apresentam maiores índices pluviométricos, em contrapartida os meses de junho a novembro correspondem ao período seco do ano. Os valores pluviométricos anuais do município giram em torno de 904,5 mm. Os solos encontrados nessa região são predominantes Bruno não Cálcico e Podzólico Vermelho-Amarelo (IPECE, 2017).

Figura 02: Localização da segunda área de estudo.



Fonte: Emanuell Teixeira Castro (2023).

O Sistema de Monitoramento da Qualidade de Água de Tanques Piscícolas (SIMAFISH) consiste em uma ferramenta de monitoramento e medição automatizada de diferentes parâmetros da qualidade da água avaliados em tanques piscícolas. O layout da plataforma é composto de quatro abas principais, sendo elas: início, apresentação inicial do sistema e seus colaboradores; sobre, informações acerca do público alvo da plataforma, objetivos principais do sistema e as motivações de sua criação; funcionamento, parte fundamental para uma análise completa e assertiva, esse ponto traz informações essenciais de como funciona a plataforma, exemplificando o passo a passo em uma análise, além de estabelecer os parâmetros utilizados; calculadora, por último, temos a quarta aba da plataforma, destinada a inserção dos dados observados durante as análises em campo e a localização dos tanques, é nesse ponto onde a automação acontece, após o preenchimento de todos os campos a plataforma fornece a classificação da qualidade da água de cada tanque. A plataforma foi elaborada no *software* Excel, versão 2019, no formato planilha (Figura 3).

Figura 03: Layout do SIMAFISH



Fonte: Emanuell Teixeira Castro (2023).

A escolha dessa metodologia baseou-se na planilha *CompstCalc*, uma plataforma automatizada que realiza cálculos sobre os melhores resíduos para a composição equilibrada de uma leira desenvolvido pela Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) para facilitar a formulação nutricional de compostagens. Outras metodologias semelhantes já foram utilizadas por alguns autores, como Flausino e Gallardo (2005) e Colzani et al., (2021), sempre

com o objetivo de promover uma análise rápida e automatizada visando aumentar a eficiência e a precisão na tomada de decisão por parte do gestor da propriedade.

A coleta dos dados na propriedade em Itapiúna foi realizada no dia 17/09/2023 e deu-se através de caminhamento pela propriedade, que ocorreu com auxílio do engenheiro de pesca Leonardo Gomes, consultor técnico da Fazenda. Durante o percurso, que foi realizado no período das 09:00 as 13:00h, foram avaliados nove tanques, que receberam nomenclatura própria para facilitar a identificação e classificação posterior. Portanto, instituiu-se a nomenclatura T1, para o primeiro tanque, T2, para o segundo, T3 para o terceiro e assim sucessivamente até T9, último tanque analisado, ressalta-se que na ocasião todos os tanques avaliados eram de caráter produtivo. Na segunda propriedade, no município de Guaiúba a coleta foi realizada no dia 05/10/2023 no período das 09:00 as 13:00h. A obtenção dos dados seguiu o mesmo padrão da metodologia realizada em Itapiúna, diferenciando-se apenas pelo quantitativo de tanques, onde na ocasião foram analisados vinte tanques. Nessa localidade foi proposto a nomenclatura V1 para o primeiro tanque, V2, para o segundo tanque e assim sucessivamente até o último tanque avaliado (Figura 04).

Figura 04: Localidades onde ocorreu o estudo.



Figura 04: Localidades onde ocorreu o estudo.

Todos os tanques analisados foram submetidos a uma qualificação a respeito dos índices de qualidade de água, para tanto, foram selecionados 13 parâmetros avaliativos, sendo, 9 de caráter macroscópico e 4 referentes a propriedades físico-químicas. Todos os indicadores selecionados apresentam baixo custo, de forma a permitir seu uso por uma ampla gama de produtores, com diferentes aportes financeiros.

A metodologia utilizada baseia-se no estudo proposto por Gomes (2004), no qual propôs uma série de parâmetros macroscópicos para avaliar fatores que alteram a qualidade de

água de nascentes. Com base na metodologia citada foi realizada uma série de adaptações nos parâmetros envolvidos, de forma a englobar da melhor forma o cenário piscícola. Os parâmetros alterados da tabela original são, presença de dejetos, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido (Tabela 01). A escolha de tais indicadores baseou-se em recomendações propostas por Costa (2020), Queiroz (2021) e Mapa (2022).

Para essas características foram atribuídas as seguintes classificações: bom, médio e ruim que correspondem aos valores 1, 2 e 3 respectivamente. A análise de qualidade das águas foi realizada de forma sensorial e perceptiva e os parâmetros consideram os fatores que alteram a qualidade da água e da qualidade de vida dos peixes.

Parâmetros	Classificação		
	1	2	3
Coloração da água	Escura	Clara	Transparente
Odor da água	Forte	Fraco	Não apresenta
Presença de Algas	Muito	Pouco	Não apresenta
Óleo	Muito	Pouco	Não apresenta
Materiais flutuantes	Muito	Pouco	Não apresenta
Presença de Espuma	Muito	Pouco	Não apresenta
Dejetos	Muito	Pouco	Não Apresenta
Transparência	Escura	Clara	Transparente
Proximidade com as residências	< 50 m	Entre 50-100 m	> 100 m
Potencial Hidrogeniônico	Ácido	Básico	Neutro
Condutividade Elétrica	Entre 30 - 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Entre 80 - 120 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Entre 120 - 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Temperatura	<22 C° - > 33 C°	Entre 22 C° - 25° C°	Entre 27 C° - 32 C°
Oxigênio Dissolvido	0,0 ppm	Entre 1,0 –3,0 ppm	Entre 4,0 – 11 ppm

Tabela 01: Classificação dos parâmetros macroscópicos para determinação da qualidade da água dos tanques piscícolas.

- Coloração aparente da água (deve-se distinguir entre cor aparente e cor verdadeira), nessa vertente foi definida a cor preta como “escura” a cor esverdeada como “clara” e azulada como “transparente”, as coletas foram realizadas com um recipiente transparente para a verificação da cor.

- Odor da água: com uso de recipiente para a coleta e verificação do odor.
- Presença de Algas: presença de vegetação nos tanques, nas laterais ou no fundo do tanque.
- Presença de óleo: presença aparente de óleo no espelho d'água dos tanques.
- Materiais flutuantes: presença de objetos na superfície da água e caracterização dos mesmos.
- Espuma: presença de espuma na superfície da água.
- Transparência: índice de penetração na coluna do líquido, este parâmetro foi avaliado com o uso de um recipiente transparente em direção ao sol para comparar o índice de transparência de cada amostra.
- Proximidade com residências: quantificação aproximada da distância, em metros, das nascentes até as residências.
- Potencial hidrogeniônico: concentração de íons de hidrogênio presentes na água.
- Condutividade elétrica: medida direta da quantidade de íons na água (teor de sais na água).
- Temperatura: índice térmico da água, medido em graus Celsius.
- Oxigênio Dissolvido: nível de disponibilidade de oxigênio para os peixes, parâmetro mais importante para a determinação da qualidade dos tanques piscícolas.

Os parâmetros de característica físico-químicos como a condutividade elétrica (CE), temperatura (T), potencial hidrogeniônico (pH) e oxigênio dissolvido (OD), de cada tanque foram analisados in loco com o auxílio de um condutivímetro de bolso modelo K53-001:

A qualificação da qualidade de água dos tanques foi adaptada de Belizário (2015): Classe A – ótimo; Classe B – boa; Classe C – razoável; Classe D – ruim; Classe E – péssima. A soma total dos pontos de cada nascente foi determinada para obter o Índice de Impacto Ambiental (Tabela 02).

Classe	Grau de preservação	Escala
A	Ótimo	37-39
B	Bom	34-36
C	Razoável	31-33
D	Ruim	28-30
E	Péssimo	< 28

Tabela 2: Classificação dos tanques quanto ao grau de qualidade de água, Belizário ,2015.

Os dados brutos foram submetidos ao software livre Past4Project 4.032, onde foram realizados testes de matriz de correlação (Pearson) e análise de agrupamento de similaridade, expressos em formas gráficas para posterior representação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No município de Itapiúna identificou-se que dos 28 tanques na propriedade, foi possível avaliar 9 deles, os quais apresentam status de produção ativo, os demais, estavam inativos, pois o proprietário estava realizando a despesca, tendo em vista que o mesmo irá desativar a produção piscícola de forma permanente. Notou-se que os referidos tanques são destinados à produção, ou seja, tanques que comportam os peixes totalmente desenvolvidos e que podem ser direcionados à venda ou ao abate. Por outro lado, no município de Guaiúba constatou-se um número mais significativo de tanques ativos, tendo em vista o foco estritamente comercial da propriedade. No local, foram identificados 38 tanques, contudo apenas 20 tanques estavam ativos e aptos a avaliação. Os tanques avaliados foram subdivididos de acordo com cada etapa de desenvolvimento dos peixes, onde os tanques de produção e os berçários foram encontrados em maior quantidade (Tabela 03). Ambas as propriedades concentram sua produção na espécie Cará-Tilápia (*Oreochromis niloticus*).

Tipos de Tanques	Itapiúna	Guaiúba
Reversão Sexual	0	2
Berçários	0	4
Engorda	0	2
Produção	9	12
Reprodução	0	2
Total	9	20

Tabela 03 - Quantitativo de tipos de tanques encontrados em cada propriedade.

Os tanques de reversão sexual (maternidade) são destinados ao crescimento das pós-larvas, que após trinta dias tornam-se alevinos e são transferidos aos tanques berçários, ainda em fase inicial. Nessa fase os alevinos podem ser vendidos, e os que não são comercializados na fase inicial são transferidos para os tanques de engorda, onde recebem alimentação suplementar para o rápido desenvolvimento. Ao atingirem o peso entre quinhentas gramas e um quilo os indivíduos atingem maturidade fisiológica e estão aptos a serem redirecionados aos

demais tanques, no caso as fêmeas são direcionadas aos tanques matriz e os machos aos tanques de produção, onde podem ser comercializados vivos ou abatidos (LIMA, 2013).

Os tanques T3, T6, T7 e T9 apresentaram qualidade de água ruim, já que nos parâmetros de coloração de água e presença de algas esses apresentaram pior grau avaliativo, tendo sua somatória igual ou inferior a 28. Em contrapartida, os tanques T1 e T8 apresentaram coloração mais claras já que possuem baixa presença de algas, e, portanto, apresentando uma qualidade de água boa (>34) e razoável (>31), respectivamente. Uma das possíveis causas da coloração escura da água está relacionada com os altos índices de vegetação, segundo estudos propostos por Smith e Schindler (2009), a eutrofização causada pelos altos teores de vegetação aquática podem levar á alteração no sabor, no odor, na turbidez e na cor da água.

O excesso populacional de algas constatada em todos os tanques, com exceção dos T1 e T8, pode acarretar na diminuição de oxigênio no período noturno e supersaturação durante o dia (Tabela 04). Logo, quanto mais escurecida for a coloração da água, menos indicada será para a criação de peixes, pois impede a penetração de luz solar e conseqüentemente o desenvolvimento dos peixes (KUBITZA, 2019).

O parâmetro de coloração é um importante parâmetro macroscópico e físico amplamente utilizado para análise da qualidade da água, através da metodologia proposta por Carlos (2004) e Reis (2021). Nesse sentido, a presente pesquisa identificou que todos os tanques avaliados apresentaram índices negativos e medianos, com variação da coloração de clara a escura. As diferentes concentrações de resíduos orgânicos e inorgânicos podem causar alterações na coloração da água. O escurecimento da água impede que os raios solares cheguem a partes mais profundas dos tanques, colaborando para a diminuição da fonte de energia essencial para os vegetais clorofilados (algas), cruciais na alimentação dos peixes (ANDRADE, 2008).

Parâmetros Avaliados	Tanques Avaliados - Itapiúna								
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
Coloração da água	2	1	1	1	2	1	1	2	1
Odor da água	3	3	3	3	3	1	2	2	3
Presença de algas	2	1	1	1	1	1	1	2	1
Óleo	3	3	1	3	3	2	2	3	2
Materiais flutuantes	3	2	2	3	2	2	2	3	3
Presença de Espuma	2	2	1	2	2	1	1	1	1
Dejetos flutuantes	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Transparência	2	1	1	1	1	1	1	2	1
Proximidade com residências	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Potencial hidrogeniônico (pH)	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Condutividade elétrica	3	3	3	3	3	3	3	1	1
Temperatura	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Oxigênio dissolvido	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Total	35	31	28	32	32	27	28	31	28
Classe	B	C	D	C	C	E	D	C	D

Tabela 04: Índice de qualidade da água dos tanques piscícolas.

Organicamente os ácidos húmicos e fúlvicos, resultantes da decomposição parcial de compostos orgânicos, podem agir como agente modificador da coloração. Quanto aos resíduos inorgânicos, destacam-se óxidos de ferro e manganês que podem ser encontrados no solo (FUSANA, 2014.)

O parâmetro transparência relaciona-se diretamente com os demais parâmetros citados anteriormente, já que se trata da capacidade de permitir a passagem dos raios solares para os níveis inferiores das camadas de água (LIMA, 2019). Logo, constatou-se que os tanques T3, T7 e T8 apresentaram piores índices de coloração (1), de presença de algas e de transparência. Estudos propostos por Medeiros e Moraes (2013), os baixos índices de transparência impedem a chegada de luz e calor nas camadas mais inferiores dos tanques, colaborando para a diminuição das taxas de oxigênio metabolizadas pelos peixes. Observou-se que apenas o T6 apresentou forte odor, característico de peixes em decomposição, porém não foi possível constatar visualmente. O odor presente em tanques piscícolas é causado principalmente pelas presenças de bactérias no solo e na água, esses indivíduos compõem um grupo de bactérias

filamentosas que cresce na água ou em solos úmidos, responsáveis pela decomposição da matéria orgânica, como a celulose e a quitina, que abastecem a terra e são importantes na formação do húmus (MATTHIESEN, 2012).

Observou-se que apenas o T6 apresentou forte odor, característico de peixes em decomposição, porém não foi possível constatar visualmente. O odor presente em tanques piscícolas é causado principalmente pelas presenças de bactérias no solo e na água, esses indivíduos compõem um grupo de bactérias filamentosas que cresce na água ou em solos úmidos, responsáveis pela decomposição da matéria orgânica, como a celulose e a quitina, que abastecem a terra e são importantes na formação do húmus (MATTHIESEN, 2012). Mediante a exposição direta dos peixes a esse ambiente ocorre a transferência de odor para o pescado, impactando diretamente na diminuição da atratividade para o consumidor final (RODRIGUES, 2013).

Foi possível encontrar resquícios de materiais flutuantes na superfície da água nos tanques T2, T3, T5, T6 e T7. Os resíduos apresentaram caráter vegetativo, decorrente da vegetação arbórea adjacente aos tanques. Não se constatou presença de resíduos plásticos ou de outra natureza não vegetativa. Acredita-se que isso seja influenciado pelo gerenciamento dos resíduos sólidos, tendo em vista que as residências mais próximas ficam a mais de 200 metros, classificando todos os tanques com o índice ótimo no parâmetro proximidade com residências, essa distância diminui as chances de contaminação dos tanques por ações antrópicas.

A presença de óleos foi observada apenas no T3, onde constatou-se visualmente a distribuição de óleo pela superfície do tanque, acarretando na classificação péssima em relação a esse parâmetro. Os óleos são substâncias orgânicas de origem mineral, vegetal ou animal. Essas substâncias geralmente são hidrocarbonetos, gorduras, ésteres, entre outros (TOFFOLO, et al., 2013). Acredita-se que os óleos não sejam de origem antrópica, mediante a distância do tanque com as residências.

Nos nove tanques avaliados não foi constatado a presença de dejetos flutuantes, ressalta-se que na propriedade a alimentação por ração acontece no período da tarde, entre as dezesseis e dezessete horas. A adição diária de ração permite melhores condições fisiológicas para os peixes, assim contribuindo para elevar as cargas de nitrogênio e fósforo para o sistema, esses compostos são gerados através da urina e das fezes dos animais (OLIVEIRA, 2020). Ressalta que as concentrações de fosforo e nitrogênio oriunda da produção piscícola ainda não é reutilizada pelos proprietários.

No presente local de estudo, foi avaliado um maior número de tanques, totalizando vinte tanques. A partir dos dados obtidos foi possível constatar que os viveiros V3, V4, V10 e V11, atingiram as piores médias, acarretando na obtenção da classificação péssima na escola de qualidade de água dos tanques piscícolas.

Parâmetros Avaliados	Tanques Avaliados - Guaiúba																			
	V 1	V 2	V 3	V 4	V 5	V 6	V 7	V 8	V 9	V 10	V 11	V 12	V 13	V 14	V 15	V 16	V 17	V 18	V 19	V 20
Coloração da água	3	3	1	1	2	1	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
Odor da água	2	3	1	3	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Presença de algas	2	2	2	1	2	1	1	3	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3	3
Óleo	2	3	3	2	3	3	3	3	3	1	1	3	2	3	2	3	3	3	3	3
Materiais flutuantes	3	2	2	1	3	2	2	2	2	1	2	3	2	3	2	3	3	2	3	3
Presença de Espuma	2	2	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	3	1	2	2	2	2	2
Dejetos flutuantes	3	3	2	1	3	3	3	3	3	1	2	2	3	3	2	2	2	3	3	3
Transparência	2	2	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	1	2	2	2	2	2
Proximidade com residências	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Potencial hidrogeniônico (pH)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
Condutividade elétrica	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Temperatura	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Oxigênio dissolvido	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Grau de preservação	32	33	26	24	33	30	31	33	27	22	25	29	31	34	29	32	32	32	33	33
Classe	C	C	E	E	C	D	C	C	D	E	E	D	C	B	D	C	C	C	C	C

Os viveiros apresentaram coloração escurecida e alto índice de algas. Entretanto, o V3 se trata de um tanque matriz, ou seja, tanque utilizado para a reprodução de peixes. Seu manejo se difere dos demais, tendo em vista que nele ocorre correção do solo, com a utilização de cal, seguindo de uma aplicação de farelo vegetal e finalizando com adubação nitrogenada com ureia (LIMA, 2013). Logo, a coloração escurecida, segundo os funcionários da propriedade, advém das práticas de manejo utilizadas nos tanques matrizes, principalmente o uso de adubos nitrogenados, como a ureia.

Os motivos que permeiam a coloração escurecida observadas nos viveiros V3 E V10, não foram levados em consideração na análise, obtendo a classificação 1 (escura) mediante a avaliação visual (Figura 05). Se faz necessário investigações posteriores para aperfeiçoar a plataforma a respeito dessa característica observados nos viveiros.

Tabela 05: Índice de qualidade da água dos tanques piscícolas, Guaiúba, Ce.

Entre os viveiros que obtiveram as piores avaliações, destaca-se o V10, o qual apresentou os piores índices em diferentes aspectos. O referido viveiro apresentou coloração escurecida, um forte odor, remetendo a peixes em decomposição, hipótese comprovada visualmente. Além desse aspecto foi constatado presença de óleo na superfície, materiais flutuantes em excesso, espuma e dejetos em níveis excedentes (Figura 05).

Figura 05: Óbito de peixes e contaminação por óleo e matérias flutuantes.



Fonte: Emanuell Teixeira Castro (2023).

O óbito dos peixes está relacionado a outros parâmetros microscópicos analisados, considerando que os parâmetros físico-químicos, como condutividade elétrica, potencial hidrogeniônico (pH) e temperatura, apresentam índices recomendados para produção de peixes (Tabela 06).

Viveiro	pH	CE ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	C°	OD
V10	6	270	30	10
VRM	6-9	120-500	27-30	4-10

VRM: Valor recomendado

Tabela 06: Avaliação dos parâmetros físico-químicos

Com base nos resultados positivos obtidos nas análises físico-químicas, é possível determinar que os óbitos observados estejam relacionados com a excessiva presença de óleo na superfície da água. A toxicidade desse poluente pode variar a depender da concentração, das condições de água, período de exposição e da sensibilidade da espécie (KIM & KANG, 2016; KUBITZA, 2019). Outro elemento que pode ter interferido na mortalidade dos peixes é a presença elevada de materiais flutuantes no viveiro, apesar da distância com residências, o local pode ter sido alvo de mau gerenciamento de resíduos sólidos. A negligência na gestão e no descarte desses resíduos podem gerar consequências, como a poluição ambiental, que consequentemente dá origem a degradação dos corpos hídricos (PEREIRA et al., 2020).

O parâmetro transparência seguiu o padrão observado na propriedade anterior, os viveiros que apresentaram coloração escurecida e presença elevada, obtiveram os piores índices de transparência. É possível observar essa relação nos viveiros V4, V10 e V11. De forma geral os demais viveiros apresentaram índices médios de transparência, com exceção dos viveiros matrizes, onde a transparência também é afetada pelo manejo.

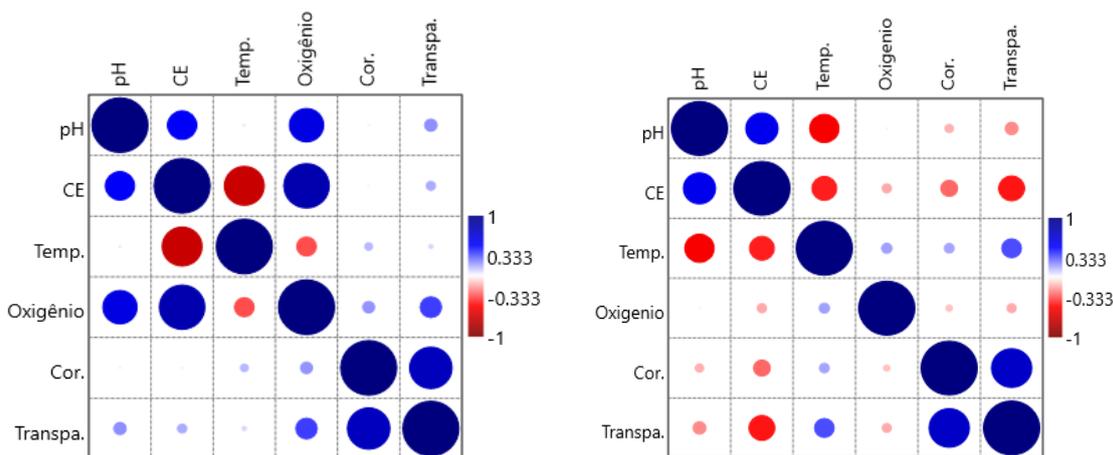
A distância média entre os viveiros e as residências se manteve entre 50 a 100 metros, implicando que os resíduos encontrados nos tanques sejam oriundos de outras fontes. Apenas nos viveiros V4 e V10 foi possível encontrar a presença de materiais flutuantes e resquícios de espuma na superfície da água, ambos apresentaram distância segura das residências, implicando que a presença dessas substâncias decorre do incorreto manejo dos viveiros. Ressalta-se que no V10, constatou-se a presença elevada de dejetos, sendo a única amostra avaliada a apresentar esse índice. Esse fato pode ser explicado pelo estado de abandono que o viveiro em questão se encontrava, nele foi constante total deterioramento nas barreiras de contenção, alto índice de vegetação ao redor do viveiro, óleo na superfície e materiais flutuantes em excesso, essas características são indicativas da falta de manejo no viveiro em questão.

Na avaliação geral, constatou-se que 55% dos viveiros avaliados apresentaram classificação razoável, onde onze dos vinte, obtiveram essa classificação. Apenas o viveiro V14 apresentou boas condições ambientais, atingindo a classificação boa. Os demais viveiros foram

englobados entre os agrupamentos ruim-péssimo, necessitando urgentemente de intervenção humana, principalmente o Viveiro V10, nele foi constatado água demasiadamente escurecida, peixes em decomposição, alta presença de vegetação dentro e ao redor do viveiro, óleo na superfície e alto excedente de materiais flutuantes na superfície da água.

Ao realizar o teste de correlação de variáveis a partir do coeficiente de correlação de Pearson, foi possível identificar na área de estudo 1, em Itapiúna, uma correlação forte positiva ($r=0,81$) entre os parâmetros oxigênio e condutividade elétrica (Figura 06 A; B). Uma correlação similar foi observada entre os atributos cor e transparência ($r=0,75$). Já na segunda área, destaca-se a correlação positiva entre a condutividade elétrica e pH ($r=0,60$) e cor com transparência ($r=0,71$).

Figura 06 A; B: Correlação dos parâmetros avaliados.



Fonte: Emanuell Teixeira Castro (2023).

Os referidos resultados indicam que os parâmetros estão associados na área de estudo, isto é, à medida que um vai crescendo o outro segue o crescimento correlacionado. Voltera (2022) ao analisar correlação linear de parâmetros de água, encontrou dados semelhantes, cujas correlações de destaque variaram de $r=0,70$ à $r=0,90$.

Para a correlação entre oxigênio dissolvido e condutividade elétrica, Oliveira et al. (2010) destaca que o baixo teor de oxigênio dissolvido em tanques piscícolas prejudica as reações de nitrificação, o que pode proporcionar aumentos nas concentrações de íons de nitrito na água. Tendo em vista que a condutividade elétrica é atenuada por compostos iônicos, a aparição destes íons tende a aumentar a condução elétrica da água. Enquanto isso, a correlação entre a cor e transparência, conforme Medeiros e Moraes (2013), é afetada diretamente pelos índices de luz que penetram na coluna do líquido, e ela é principalmente determinada pela

quantidade de partículas – minerais (argila, silte) ou orgânicas (plâncton). Logo os tanques que apresentaram coloração escura, com alta presença de vegetação apresentaram diminuição nos índices de transparência.

Por outro lado, foi identificado que a menor magnitude de correlação corresponde aos parâmetros temperatura e condutividade elétrica com $r = -0,71$ na área de estudo 1 (Itapiúna) e temperatura e pH com $r = -0,52$ na área 2 (Guaiúba). A correlação forte negativa indica comportamento distinto entre os parâmetros, à medida que há crescimento de um, observa-se decréscimo do outro. Tal comportamento é claramente evidenciado no tanque amostral 9 da área 1, em Itapiúna, que apresentou a menor temperatura ($29,2^{\circ}\text{C}$) e maior condutividade elétrica ($1659 \mu\text{s/cm}$). De modo complementar, no tanque T4 identificou-se a maior temperatura ($30,5^{\circ}\text{C}$) e menor condutividade elétrica ($389 \mu\text{s/cm}$).

Segundo Leira et al. (2017), em temperatura acima de 29°C os organismos aquáticos podem aumentar o consumo de oxigênio dissolvido na água, podendo consumir duas ou três vezes mais. No cultivo de peixe o conjunto de transformações aumenta de acordo com a elevação da temperatura, favorecendo o acréscimo de decomposição da matéria orgânica no ambiente. A relação da decomposição matéria orgânica com condutividade elétrica tem caráter sinérgico, ou seja, quanto maior a temperatura maior a decomposição de compostos iônicos, logo elevando a condutividade elétrica (ANDRADE, 2008).

A explicação para os valores constatados nos tanques 9 e 4 são decorrentes de outras ações ainda não investigadas, contudo uma das explicações seja decorrente da diferença de tamanho dos tanques observados, o tanque 9 apresentou tamanho aproximado de 8 m de comprimento por 4 m de profundidade (na parte mais profunda) quase duas vezes o do tanque 4, que apresentou dimensões em torno de 3 m de comprimento por 1,5 de profundidade, além da diferença estrutural o estado pré-despesca que os tanque 9 também influenciou pode influenciar na análise.

Com base nos dendrogramas de agrupamentos foram detectados 2 grupos de similaridade para a área 1, sendo eles: grupo 1, composto pelos tanques T8 e T9 e grupo 2, composto pelas amostras 4, 2, 5, 1, 6, 7 e 3 (Figura 07). Para a área de estudo 2 (Guaiúba), observou-se a composição de 4 grupos de similaridade, grupo 1 (amostras 8, 15, 16, 17, 18 e 19); grupo 2 (amostras 4, 10, 11, 7, 14 e 13); grupo 3 (amostras 5, 1, 6, 12 e 20) e grupo 4 (amostras 3, 2 e 9) (Figura 08).

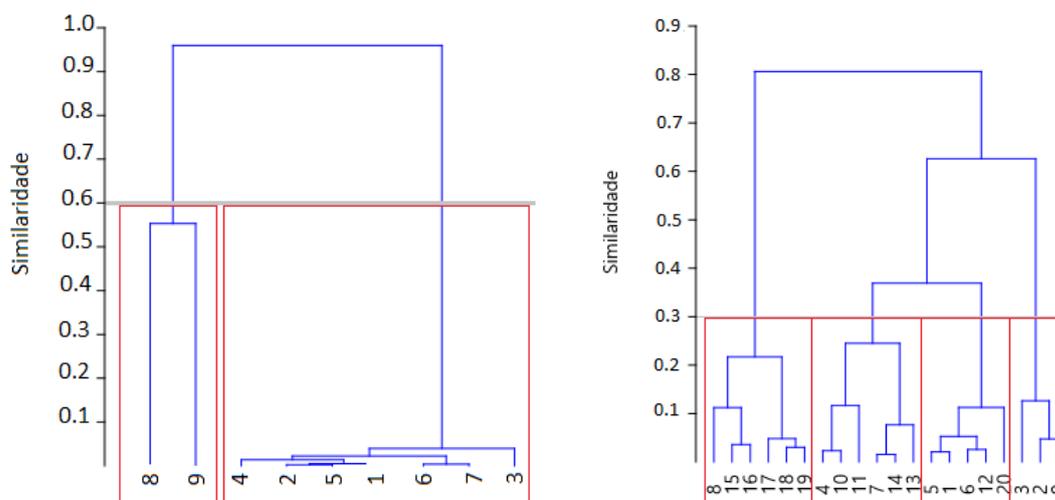


Figura 07

e 08: Análise de similaridade em Guaiúba e Itapiúna, respectivamente.

Na área 1 (Itapiúna), os tanques 8 e 9 apresentaram similaridade entre si, constituindo o menor grupo e destacando comportamento diferente com os demais tanques. Tal fato pode ser explicado pois ambos os tanques apresentam dimensões diferentes dos demais, assim, acarretando em maiores valores nas variáveis analisadas (exceto para temperatura). Tais resultados indicam que possíveis atividades modificadoras da qualidade da água em detrimento do manejo piscícola se manifestam de forma semelhante em ambos. Com isso, faz-se necessário uma análise prioritária a este grupo, a fim de identificar as possíveis causas das variações dos parâmetros da água.

Para a segunda área de estudo (Guaiúba), os grupos 1 e 2 apresentaram maiores graus de similaridade, ambos com 6 componentes em cada, isto é, para os referidos tanques os parâmetros de análise da água apresentaram comportamento semelhante. Como a segunda área o criatório é destinado estreitamente à comercialização, o manejo nos tanques ocorre de forma mais padronizada, a depender da fase de desenvolvimento, o que resulta em uma similaridade entre os atributos da água dos referidos.

O grupo 1 trata-se da junção de dois modelos diferentes de tanques, sendo estes dois tanques de produção (8 e 15) e quatro tanques berçários (16,17,18,19). Apesar da diferença do propósito de cada tanque, sua similaridade decorre do fato dos tanques 8 e 15 serem os primeiros a receberem aqueles alevinos que não são comercializados, ou seja aqueles que passaram para a fase de engorda nos tanques referidos.

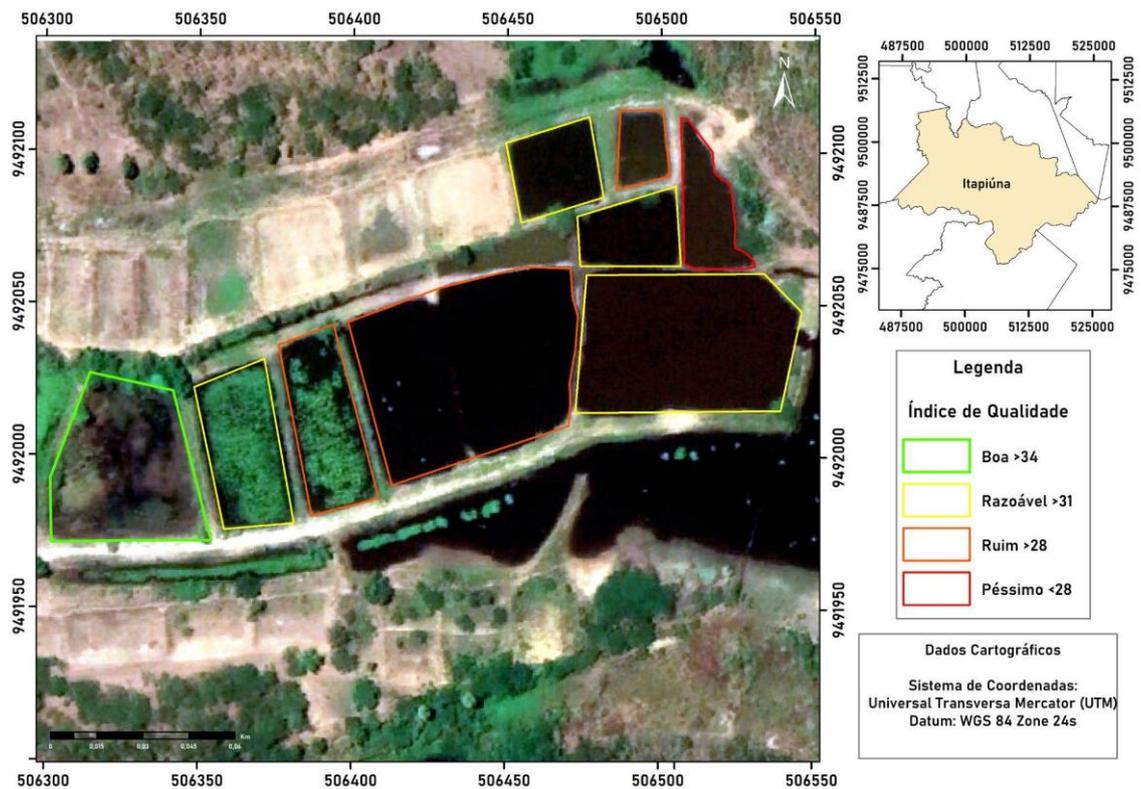
A relação de similaridade constatada no grupo 2, compostos pelos tanques 4, 2, 5, 1, 6, 7 e 3, ocorre pela correlação entre eles, todos, com exceção do viveiro 3, apresentam características semelhantes, se tratando de tanques para a engorda do pescado, logo os métodos

de manejo se mantém para esses casos. Entretanto o T3 não apresenta a mesma característica de engorda, tendo em vista que tratar-se de um tanque que contém matrizes para a reprodução, ele se assemelha com os demais pois é destinado as fêmeas selecionadas dos tanques produtivos 4, 2, 5, 1, 6 e 7.

É importante destacar que o coeficiente de correlação cofenética determinado em ambos os agrupamentos foram altos, $r=0,934$ para Itapiúna e $r=0,840$ para Guaiúba. Corroborando com Brito et al. (2020) citando Crispim et al. (2019) e Sokal e Rohlf (1962), altos valores de coeficientes de correlação cofenética expressam menos distorção dos dados originais, o que resulta em um melhor agrupamento e menor erro percentual do teste.

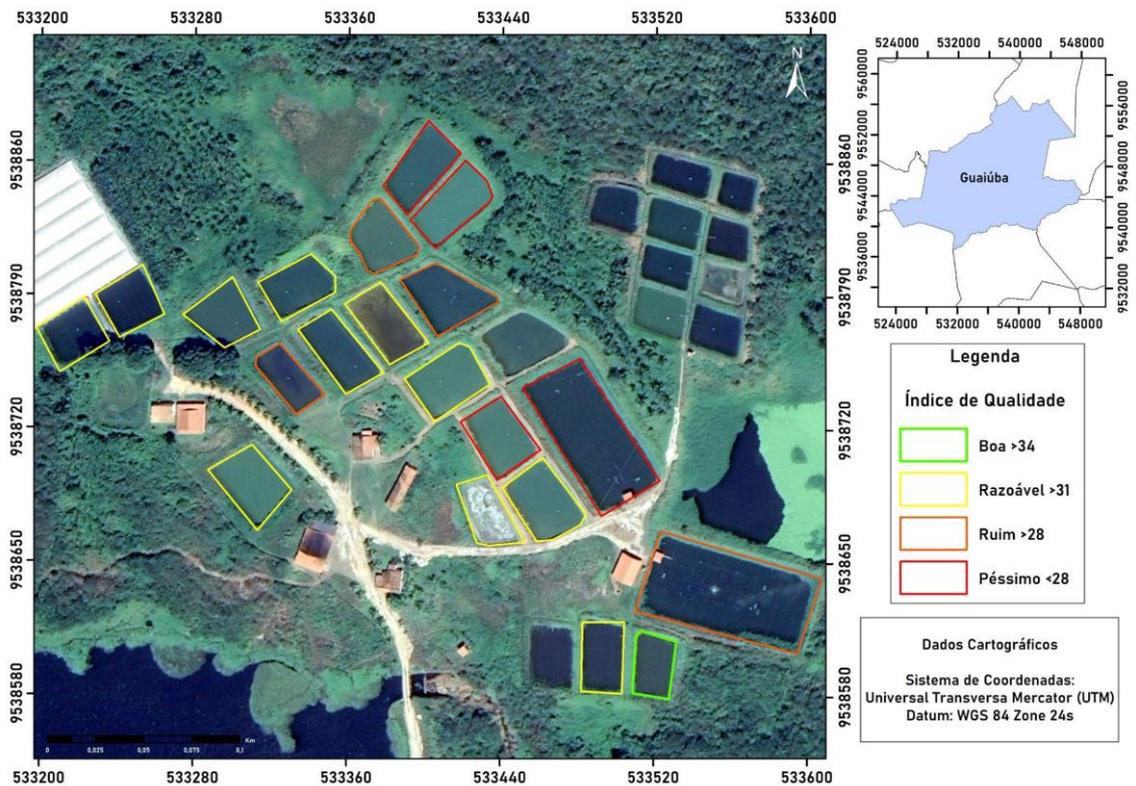
Por fim, com base nos dados devidamente processados e qualificados, foram geradas representações gráficas através de mapas de localização, estabelecendo de forma visual a classificação de cada tanque (Figura 09 e 10).

Figura 09: Índice de qualidade dos tanques na propriedade em Itapiúna.



Fonte: Emanuell Teixeira Castro (2023).

Figura 10: Índice de qualidade dos tanques piscícolas em Guaiúba.



Fonte: Emanuell Teixeira Castro (2023).

Em ambas as representações é possível observar a localização de cada tanque nas propriedades estudadas. Utilizou-se diferentes colorações de contorno em cada tanque, remetendo a cada índice de qualidade pré-estabelecido. Observa-se que em cada propriedade houve apenas um tanque com a classificação boa (>34). A maior parte dos tanques apresentaram classificação razoável (<31), equivalendo a 4 dos 9 tanques em Itapiúna e 11 dos 20 tanques em Guaiúba. Os Piores índices de classificação são observados na segunda representação, onde constatou-se 4 tanques com classificação péssima (<28) e 4 com classificação ruim (>28). Tanques sem delimitação foram excluídos do estudo, por motivos de despesca e inatividade, parcial ou integral.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema de avaliação e monitoramento da qualidade de água de tanques piscícolas (SIMAFISH) permitiu a análise de um panorama geral do estado da qualidade de água dos tanques piscícolas estudados, permitindo acompanhar as mudanças qualitativas da qualidade da água ao unir características macroscópicas com parâmetros físico-químicos, possibilitando ao produtor tomadas de decisões mais assertivas quanto ao manejo produtivo.

O grau de preservação indicou que 12 dos 29 tanques avaliados apresentaram classificação ruim/péssima, demonstrando a necessidade de intervenção humana em ambas as áreas de estudo, sendo necessário na primeira propriedade uma ação de forma imediata e na segunda de forma preventiva. Entretanto, por se tratar de um estudo inicial, não foram levados em consideração testes comparativos entre a eficiência da plataforma e parâmetros produtivos, como produtividade e ganho de peso. Portanto, evidencia-se a necessidade de estudos posteriores, de forma a mensurar o real uso da plataforma como ferramenta no viés comercial.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Andresa Cristina de. **Cultivo de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) em efluente do sistema de lagoas de estabilização da estação de tratamento de esgotos de Samambaia-DF**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

BARANGE, Manuel. Fishery and aquaculture statistics. **FAO yearbook. Fishery and Aquaculture Statistics= FAO Annuaire. Statistiques des Peches et de l'Aquaculture= FAO Anuario. Estadísticas de Pesca y Acuicultura**, p. I-82, 2018.

BARTZ, Rafael Luis et al. **Sensoriamento remoto para análise de parâmetros de qualidade da água aplicado à piscicultura**. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Rural Sustentável) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2021.

BELIZÁRIO, Wesley da Silva. Avaliação da qualidade ambiental de nascentes em áreas urbanas: um estudo sobre bacias hidrográficas do município de Aparecida de Goiânia/GO. **Revista Mirante (ISSN 1981-4089)**, v. 8, n. 1, p. 122-148, 2015.

BERTOLO, Jéssica Piovesan; CARDOSO, Manuela Gomes. Desenvolvimento de sistema online de livre acesso para consulta da qualidade das águas subterrâneas, superficiais e de abastecimento do Rio Grande do Sul. **Jornada de Iniciação Científica e Tecnológica**, v. 1, n. 12, 2022.

CEDRO, Wellington Lima et al. Avaliação Bacteriológica da Água em uma Piscicultura, no Reservatório Moxotó-Ba, destinada ao cultivo de *Oreochromis Niloticus* (Linnaeus, 1758). **Tecnologia e Microbiologia sob a perspectiva da Segurança dos Alimentos-Volume 2**, v. 2, n. 1, p. 13-23, 2022.

COLZANI, Heloisa et al. Determinação de fosfato em refrigerantes utilizando um scanner de mesa e análise automatizada de dados: um exemplo didático para ensino de química. **Química Nova**, v. 40, p. 833-839, 2017.

COSTA, Francisco Vinícius Lopes. Sistema de monitoramento da qualidade de água para piscicultura. Dissertação (Mestrado em Piscicultura) Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró. 2019.

CRISPIM, Diêgo Lima; FERNANDES, Lindemberg Lima; DE OLIVEIRA ALBUQUERQUE, Roberta Luiza. Aplicação de técnica estatística multivariada em indicadores de sustentabilidade nos municípios do Marajó-PA. **Revista Principia-Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, n. 46, p. 145-154, 2019.

DA SILVA, Edson de Jesus et al. Sensoriamento remoto no monitoramento da qualidade dos recursos hídricos. **Cadernos UniFOA**, v. 12, n. 33, p. 121-130, 2017.

DA SILVA COELHO, Yana Karine et al. Perfil da piscicultura praticada no município de Alenquer, baixo Amazonas, Pará/Profile of pisciculture practiced in the municipality of Alenquer, lower Amazonas, Pará. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 1, p. 4018-4028, 2020.

DA SILVA PEREIRA, Cristina et al. Identificação de impactos ambientais provocados pelo lançamento de resíduos sólidos e líquidos no Rio Itapecuru. **Nature and Conservation**, v. 13, n. 2, p. 58-66, 2020.

DE BRITO, Antônio Patrick Meneses et al. Mapping of cisterns and water quality analysis at the Nova Assunção settlement in Aracoiaba, Ceará. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, p. e29-e29, 2020.

DE OLIVEIRA, Giovanni Resende et al. Restrição alimentar na piscicultura: fisiologia, metabolismo e sustentabilidade. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 28224-28244, 2020.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Informativo Comércio Exterior Da Piscicultura**. Embrapa Pesca e Agricultura, 2023 . Recuperado em 25 de novembro de 2025, de: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1151200/1/InfComExPisci-12.pdf>.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Tecnologias - **Planilha CompostCalc. Planilha eletrônica de procedimentos informatizado que realiza cálculos da proporção de matérias-primas utilizadas para processos de compostagem. 2021**. Recuperado no dia 19 de outubro de 2023, de: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/8417/planilha-compostcalc>.

FLAUSINO, Fabio Richard; GALLARDO, A. L. C. F. Implantação de planilha de controle para coleta de dados de qualidade de água de córregos na região Norte de São Paulo. **Revista DAE**. Disponível em: <https://doi.org/10.4322/dae>, 2019.

FUSANA - Fundação Nacional de Saúde - **Manual de Controle de Qualidade da Água para técnicos que trabalham em Etas**. 2014. Brasília. Recuperado no dia 19 de outubro de 2023, de: https://www.funasa.gov.br/biblioteca-eletronica/publicacoes/saude-ambiental/-/asset_publisher/G0cYh3ZvWCm9/content/manual-de-controle-da-qualidade-da-agua-para-tecnicos-que-trabalham-em-etas?inheritRedirect=false

GOMES, Priscila Moreira; DE MELO, Celine; DO VALE, Vagner Santiago. Avaliação dos impactos ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia-MG: análise macroscópica. **Sociedade & Natureza**, v. 17, n. 32, p. 103-120, 2005.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - **Panorama Geral da Cidade de Guaiúba - Ceará**. 2022. Recuperado em 20 de outubro de 2023, de: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/guaiuba/panorama>.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - **Panorama Geral da Cidade de Itapiúna - Ceará**. 2022. Recuperado em 20 de outubro de 2023, de: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/guaiuba/panorama>.

IPECE - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica Do Ceará. **Perfil municipal 2017: Guaiúba**. Fortaleza, CE, jan. de 2018. Recuperado em 20 de outubro de 2023, de: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Redencao_2017.pdf.

IPECE - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica Do Ceará. **Perfil municipal 2017: Itapiúna**. Fortaleza, CE, jan. de 2018. Recuperado em 20 de outubro de 2023, de: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Redencao_2017.pdf.

KIM, Jun-Hwan; KANG, Ju-Chan. The immune responses in juvenile rockfish, *Sebastes schlegelii* for the stress by the exposure to the dietary lead (II). **Environmental toxicology and pharmacology**, v. 46, p. 211-216, 2016.

KRAUS, Helmut; ALKHALAF, Adnan. Characteristic surface energy balances for different climate types. **International journal of climatology**, v. 15, n. 3, p. 275-284, 1995.

LEIRA, Matheus Hernandez et al. Qualidade da água e seu uso em pisciculturas. **Pubvet**, v. 11, n. 1, p. 11-17, 2017.

LIMA, Adriana Ferreira et al. Reprodução, larvicultura e alevinagem de peixes. **Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos. Brasília-DF. EMBRAPA**, p. 301-322, 2013.7

MACHADO, Carolina Barroso. **Identificação e preservação das nascentes no Estado do Ceará**. 2018. Monografia (Especialização) Curso de Especialização em Gestão de Recursos Hídricos, Ambientais e Energéticos, Instituto de Engenharias e Desenvolvimento Sustentável-IEEDS, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - **Manual de boas práticas na criação de peixes de cultivo**. 2022. Recuperado no dia 25 de novembro de 2023, de: <https://biblioteca.unisced.edu.mz/bitstream/123456789/3009/1/MANUAL%20DE%20BOAS%20PRATICAS%20NA%20CRIACAO%20DE%20PEIXES.pdf>.

MATTHIENSEN, Alexandre; GALVÃO, Juliana Antunes; DA SILVA PINTO, Jair Sebastião. Off-flavour em peixes cultivados é, ainda, uma dificuldade para produção nacional. **Aquicultura**, p. 49

MEDEIROS, Francisco das Chagas; MORAES, Adair José. Manual como iniciar piscicultura com espécies regionais. **Sebrae, Brasília**, 2013.

OLIVEIRA, Raquel Priscila Castro et al. Variáveis hidrológicas físico-químicas na criação da tilápia-do-nylo no sistema raceway com diferentes renovações de água. **Ciência Animal Brasileira/Brazilian Animal Science**, v. 11, n. 3, p. 482-487, 2010.

PEIXE BR - **Anuário Peixe BR da Piscicultura de 2023**. ABDP, 2023. Recuperado em 25 de novembro de 2025, de: <https://www.peixebr.com.br/anuario>.

QUEIROZ, J. F. et al. Recomendações práticas para avaliação da qualidade da água na produção de tilápia em tanques-rede. **Embrapa Meio Ambiente-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2021.

REIS, André Luiz Miranda et al. Parâmetros macroscópicos para avaliação do estado de conservação de nascentes em Área de Proteção Ambiental. **Humboldt-Revista de Geografia Física e Meio Ambiente**, v. 1, n. 3, 2021.

RODRIGUES, Ana Paula Oeda et al. Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos. **EMBRAPA Pesca e Aquicultura**, 2013. Recuperado no dia 20 de outubro de 2023. de: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1082280>.

RORIZ, Geórgia Dantas et al. Characterization of tilapia farming in net cages at a tropical reservoir in Brazil. **Aquaculture Reports**, v. 6, p. 43-48, 2017.

SCHULTER, Eduardo Pickler; VIEIRA FILHO, José Eustáquio Ribeiro. Desenvolvimento e potencial da tilapicultura no Brasil. **Revista de Economia e Agronegócio**, v. 16, n. 2, p. 177-201, 2018.

SMITH, Val H.; SCHINDLER, David W. Eutrophication science: where do we go from here?. **Trends in ecology & evolution**, v. 24, n. 4, p. 201-207, 2009.

SOKAL, Robert R.; ROHLF, F. James. The comparison of dendrograms by objective methods. **Taxon**, p. 33-40, 1962.

TOFFOLO, Geliane; FRANCISCHETT, Mafalda Nesi; GRECO, Roberto. Alguns pressupostos sobre lançamento de efluentes em recursos hídricos. **Espaço em Revista**, v. 15, n. 2, 2013.

VOLTERA, Pedro Henrique. Correlação linear entre parâmetros de qualidade das águas em diferentes aquíferos no estado de São Paulo. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) Universidade Estadual Paulista - UNESP, Ilha Solteira, 2022.

WARRICK, Arthur; NIELSEN, Douglas. Spatial variability of soil physical properties in the field. *In*: Hillel, D. **Applications of soil physics**. New York, USA. p. 319-344, 1980.

Recuperado no dia 30 de outubro de 2023, de:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780123485809500183?via%3Dihub>.

Acesso em: 7 de maio de 2023.