

NOVO PARADIGMA DA SUSTENTABILIDADE DA PISCICULTURA EM AÇUDES DO NORDESTE BRASILEIRO

Hênio do Nascimento Melo Júnior¹
Cibele Figueiredo Cruz Saraiva²

RESUMO

A sustentabilidade da piscicultura em tanque-rede no Semiárido nordestino está comprometida, também, por eventos de circulação vertical turbulenta causando mortalidade generalizada nos cultivos. A origem desse fenômeno natural está nas variações atmosféricas e limnológicas, as quais precisam ser melhor estudadas e compreendida para que as informações sejam difundidas nesse setor produtivo. O objetivo desse trabalho foi sugerir uma metodologia alternativa para a análise da sustentabilidade, contemplando os índices tecnológico e ambiental, com aspectos limnológicos e meteorológicos por entender que estes são ferramentas importantes para garantir a sustentabilidade da atividade, mas principalmente, em virtude das mortalidades ocorridas. Foram considerados como fundamentação teórica estudos que analisaram a sustentabilidade da piscicultura em tanque-rede e posteriormente foi sugerida a inclusão de conceitos de dinâmica limnológica e meteorológica na análise de índices ambientais e tecnológicos da piscicultura baseado no protocolo de diagnóstico e monitoramento de mortalidade nas pisciculturas de açudes do semiárido. Foi realizada análise de estudos sobre a sustentabilidade, enfocando os componentes e indicadores sociais, econômicos, ambientais e tecnológicos da piscicultura em tanque-rede. Neste estudo foi observado que a Limnologia e Meteorologia tem sido preteridas tanto nas atividades práticas das pisciculturas, como também, na maior parte dos estudos de sustentabilidade dessa atividade produtiva. Este trabalho propôs a inclusão de conceitos limnológicos e meteorológicos nas análises de sustentabilidade, sugerindo critérios a serem utilizados como indicadores ambientais e tecnológicos na avaliação de sustentabilidade da piscicultura em tanque-rede, especialmente no Semiárido, como também, a incorporação desses conceitos no planejamento, manejo e monitoramento das atividades das pisciculturas.

Palavras-chave: desenvolvimento sustentável, Tanque-rede, Limnologia, Monitoramento, Semiárido.

INTRODUÇÃO

O consumo global de alimentos aquáticos tem aumentado nas últimas décadas, impulsionado pela expansão da população humana e pela preferência de uma fonte saudável de proteína animal (MOURA; VALENTI; HENRY-SILVA, 2016). Nesse sentido, a aquicultura é uma atividade viável para a produção de pescado de alto valor proteico para o consumo humano (BRITO, 2017).

Com a evolução da questão ambiental e das condições que o planeta apresenta, o cultivo racional de organismos aquáticos, atividade zootécnica mais conhecida como aquicultura, apresenta-se como atividade economicamente emergente na competição

1 Mestre em Oceanografia Biológica pela Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, professor efetivo da Universidade Regional do Cariri - URCA, heniolimnologia@yahoo.com.br;

2 Graduanda do Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas da Universidade Regional do Cariri - URCA, belesaraiva15@gmail.com;

pelo recurso água, e por isso enfrenta o desafio de moldar-se ao conceito de sustentabilidade, o que implica em agregar novos valores a produção de conhecimento e às práticas do setor (ELLER; MILLANI, 2007).

Conceitos como ecodesenvolvimento, tecnologias apropriadas ou alternativas adequadas passaram a ocupar um crescente espaço nos debates acadêmicos (Assad & Bursztyn, 2000; Almeida, 2013). Nesse sentido, a discussão sobre sustentabilidade da piscicultura em tanque-rede tem sido fomentada especialmente pelo aspecto legal do uso preponderante dos ecossistemas aquáticos, previsto na resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, a qual preconiza ser possível haver piscicultura em tanque-rede em corpos hídricos utilizados para abastecimento humano.

A sustentabilidade é definida como o gerenciamento dos recursos naturais, financeiros, tecnológicos e institucionais de modo a garantir a contínua satisfação das necessidades humanas para as gerações presentes e futuras, sendo necessário um padrão de vida dentro dos limites impostos pela natureza, viver dentro da capacidade do capital natural (VALENTI, 2008).

Nascimento (2007) propôs um modelo sistêmico compreendendo três aspectos inter-relacionados que pode facilitar a compreensão dos fatores envolvidos em um sistema de aquicultura sustentável. O referido modelo é dividido em produção tecnológica, aspectos sociais, econômicos e aspectos ambientais onde para alcançar a sustentabilidade, cada um desses aspectos deve ser viável. O sistema aquícola sustentável deve alcançar a eficiência produtiva, ser socialmente adequado e lucrativo, bem como, ambientalmente compatível (EDWARDS; DEMAINE, 1998).

Segundo Braga (2009), propor indicadores para mensurar o nível de sustentabilidade tem a sua complexidade e data do final da década de 1980, o surgimento de propostas que possuam em comum o objetivo de descrever a interação entre a atividade antrópica e o meio ambiente conferindo maior solidez e funcionalidade ao conceito de sustentabilidade.

Conjuntos de indicadores têm sido desenvolvidos para avaliar a sustentabilidade da aquicultura (BOYD et al., 2007; VALENTI, 2008; VALENTI et al., 2011). Estes conjuntos são variáveis definidas para refletirem de forma simplificada um fenômeno ou um processo e que podem medir um atributo de um sistema podendo-se obter uma visão holística, possibilitando a análise de cada parte do sistema produtivo separadamente (ALMEIDA, 2013).

Estes indicadores são ferramentas poderosas na análise da sustentabilidade, uma vez que proporciona uma visão holística do sistema analisado através da avaliação de informações fracionadas (KIMPARA; ZADJBAND; VALENTI et al., 2010).

Deve-se entender que a sustentabilidade ambiental está diretamente ligada ao uso de tecnologia que minimizem o impacto ambiental da atividade mantendo a biodiversidade e a estrutura e funcionamento dos ecossistemas adjacentes (VALENTI, 2008).

A principal influência da piscicultura sobre a qualidade da água é o aumento direto dos sólidos suspensos e dos nutrientes decorrentes da matéria orgânica introduzida no ambiente, por meio da ração não consumida pelos peixes, fezes e subprodutos metabólitos (TOVAR et al., 2000; TACON; FORSTER, 2003; PILLAY, 2004).

A qualidade da água pode ser influenciada por vários fatores como, por exemplo, a origem da fonte de abastecimento de água e manejo alimentar (SIPAÚBA-TAVARES, 1994; BOYD; TUCKER, 1998; ELER et al., 2001; KUBITZA, 2003; ARANA, 2004).

A qualidade ambiental dos reservatórios deve ser observada de acordo com as variáveis físicas, químicas e biológicas através do monitoramento, práticas indispensáveis na piscicultura (OLIVEIRA et al., 2010; LIMA et al. 2013; DA MATA, 2018).

Souza (2006) realizou análise de impacto econômico, social e ambiental do cultivo de peixes em taque-rede na cidade de Paulo Afonso – BA, fez uma análise crítica dos estudos já desenvolvidos nessa piscicultura, realizando uma nova avaliação contemplando a avaliação dos impactos e medidas compensatórias e/ou de mitigação dos impactos negativos, contribuindo assim, para o desenvolvimento com o uso sustentável dos recursos naturais.

Nascimento (2007), baseado no método *ad hoc* proposto por Edward e Demaine (1998), no qual utilizou questionários e cálculo dos índices para avaliação da sustentabilidade da aquicultura, assim avaliando as dimensões de sustentabilidade do Projeto de Piscicultura Curupati-Peixe implantado no açude Castanhão, caracterizando o contexto socioeconômico e ambiental da piscicultura, definindo e mensurando indicadores de sustentabilidade.

Almeida (2013) avaliou a sustentabilidade econômica e ambiental da atividade, por meio do uso de indicadores utilizando como modelo o monocultivo de tilápias

(*Oreochromis niloticus*) em tanques-rede no reservatório de Ilha Solteira. Neste trabalho, foi analisado temperatura, oxigênio dissolvido e saturado, condutividade elétrica, fósforo total, nitrogênio total, N-NH₃, N-NO₂⁻ e N-NO₃⁻, material em suspensão, taxa de sedimentação e balanço de massa de dois pontos distintos da piscicultura.

Sampaio *et al.* (2013), através do projeto “Desenvolvimento de Sistema de Monitoramento para Gestão Ambiental da Aquicultura no Reservatório de Furnas, MG – suporte para a consolidação de indicadores para o plano de monitoramento e gestão ambiental da aquicultura”, propôs o desenvolvimento de um modelo para monitoramento e avaliação de impactos na criação de peixes em tanque-rede, bem como a adoção de boas práticas de manejo (BPM) para a gestão ambiental de parques aquícolas. Este trabalho utiliza uma gama de indicadores tecnológicos e ambientais para o contínuo monitoramento das pisciculturas em tanque-rede, direcionando a piscicultura a uma realidade sustentável.

Araújo (2015) analisando a sustentabilidade da piscicultura no município de Coremas – PB, utilizou questionários aplicados diretamente aos piscicultores, os quais continham perguntas acerca dos aspectos sociais, econômicos, tecnológicos e ambientais relacionados à sustentabilidade da atividade.

Moura; Valenti; Henry-Silva (2016) avaliaram a sustentabilidade da piscicultura em tanque-rede em Santa Cruz, RN, na "Associação dos aquicultores do Apodi", aplicando um conjunto de 49 indicadores econômicos, sociais e ambientais, verificou que a piscicultura nos moldes familiares foi potencialmente sustentável.

Cacho (2017), no açude Umari - RN, utilizando os mesmos indicadores de sustentabilidade utilizados por Moura; Valenti; Henry-Silva (2016), observou que a piscicultura em tanque-rede, no modelo empresarial, não foi economicamente sustentável, inviabilizando a atividade no reservatório nos moldes empresariais.

Em direção contrária a sustentabilidade da piscicultura em tanque-rede, Melo Júnior (2017a), Barbosa (2015), Crispim (2014), Freitas (2013), Barbosa (2010) e Barbosa (2008) relataram diversos casos de mortalidade generalizadas em pisciculturas, sendo esses eventos são causadas por fenômenos de circulação vertical turbulenta, efeito de origem meteorológica e que, conforme demonstrado por Melo Júnior, Dias e Vasconcelos (2019) e COGERH (2016), possuem um padrão sazonal de ocorrência bem definido, muito embora possa ocorrer isoladamente em período fora da sazonalidade.

Portanto, é pertinente que aspectos limnológicos e meteorológicos sejam enfaticamente abordados na análise de sustentabilidade da piscicultura em açudes do Semiárido, mas especificamente, que essa inclusão contemple os métodos de monitoramento das variações relacionadas com a origem dos eventos de mortalidade generalizada nas pisciculturas.

Segundo Sá (2012) é necessário conhecer o ambiente onde a piscicultura está instalada utilizando-se os conhecimentos básicos de Limnologia que podem ser utilizados para o correto manejo desses ambientes, de tal forma a se obter taxas sustentáveis de produtividade, tanto do ponto de vista econômico como ambiental.

Nesse contexto, devemos considerar que a condição primordial para a sustentabilidade da piscicultura em tanque-rede no semiárido seja o desenvolvimento de tecnologia alternativa, possibilitando que o setor possa conviver com esse fenômeno natural, portanto, além de propor a inclusão desse método na análise de sustentabilidade, há que se considerar a necessidade dessa metodologia de monitoramento ser implantada no monitoramento ambiental das pisciculturas.

Este estudo tem por objetivo propor uma metodologia alternativa para a análise da sustentabilidade da piscicultura em tanque-rede no semiárido, contemplando os índices tecnológicos e ambientais com aspectos limnológicos e meteorológicos, especialmente por entender que a limnologia é uma ferramenta importante para garantir a sustentabilidade da atividade, mas principalmente, em virtude dos eventos de circulação vertical turbulenta e consequente mortalidade de peixes cultivados ocorridos em diversas pisciculturas do semiárido.

METODOLOGIA

Para analisar a sustentabilidade da piscicultura em tanque-rede foram considerados os estudos de Souza (2006), Nascimento (2007), Sampaio et al. (2013), Almeida (2013), Moura; Valenti; Henry-Silva (2016), Araújo (2015), Melo Júnior (2017) e Cacho (2017), os quais foram utilizados como fundamentação teórica para que possibilitasse melhor compreensão do conceito de sustentabilidade aplicado a piscicultura em tanque-rede, permitindo posteriormente a condição necessária para propor adequações de um modelo especificamente voltado para as condições climatológicas do semiárido.

Também foi analisado os exemplos de quebra da sustentabilidade relatados por Melo Júnior, Dias e Vasconcelos (2019), Vasconcelos e Melo Júnior (2018), Melo

Júnior (2017a), Melo Júnior (2017b), COGERH (2016), Barbosa (2015), Crispim (2014), Freitas (2013), Barbosa (2010) e Barbosa (2008) que mencionam os eventos de mortalidade generalizada nas pisciculturas em tanque rede de açudes do semiárido.

A sugestão de inclusão de conceitos de dinâmica limnológica e meteorológica na análise dos índices ambientais e tecnológicos da piscicultura são baseadas no protocolo de diagnóstico e monitoramento de eventos de mortalidade nas pisciculturas de açudes do semiárido, proposto por Melo Júnior (2017b).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao longo dos anos a piscicultura em tanque-rede no Nordeste, e especificamente no semiárido, tem sido fonte de grande discussão ambiental, no entanto, dado ao pouco tempo de atividade as discussões sobre a sustentabilidade ocorriam mediante incertezas dos efeitos das pisciculturas nos açudes. Desta feita, diversos pesquisadores desenvolveram estudos sobre a sustentabilidade da atividade iniciando a constituição das informações técnicas a respeito da sustentabilidade, especialmente os aspectos ambientais. Os quadros 01 e 02 demonstram os conceitos teóricos utilizados na análise de sustentabilidade da piscicultura em tanque-rede.

QUADRO 1: Estudos sobre a sustentabilidade, utilizando componentes e indicadores sociais, econômicos e ambientais, na piscicultura em tanque-rede em açudes.

COMPONENTE	INDICADORES	Autor / Ano						
		SOUZA, 2006	NASCIMENTO, 2007	SAMPAIO et al., 2013	ALMEIDA, 2013	ARAÚJO, 2015	MOURA; VALENTI; HENRY-SILVA, 2016	CACHO (2017)
SOCIAL	Avaliaram o componente							
ECONÔMICO	Avaliaram o componente							
AMBIENTAL	Monitoramento Limnológico Resolução 357/2005 do CONAMA	OD						
		pH						
		NH ₃ / NH ₄						
		NO ₃						
		STD						
		Turbidez						
		Fosfofo total						
Clorofila-a								

QUADRO 2: Estudos sobre a sustentabilidade, utilizando componentes e indicadores ambientais e tecnológicos, na piscicultura em tanque-rede em açudes.

COMPONENTE	INDICADORES	Autor / Ano						
		SOUZA, 2006	NASCIMENTO, 2007	SAMPAIO et al., 2013	ALMEIDA, 2013	ARAÚJO, 2015	MOURA; VALENTI; HENRY-SILVA, 2016	CACHO (2017)
AMBIENTAL	Temperatura (C°)							
	Transparência							
	Condutividade Elétrica							
	Monitoramento Meteorológico							
	Circulação vertical (estratificação/desestratificação)							
	Dependência da Água							
	Proporção de Energia Renonável							
	Uso do espaço							
	Poluição de Eutrofização							
	Poluição Geral							
	Poluição por Hormônio							
	Acúmulo de Fósforo							
	Acúmulo de Matéria Orgânica							
	Acúmulo de Material Particulado							
	Risco da Espécie Cultivada							
	Eficiência no uso de energia							
	Eficiência no uso nitrogênio							
	Eficiência no uso fósforo							
	Eficiência no uso energia							
Potencial de acidificação								
Produção efetivamente utilizada								
TECNOLÓGICO	Assistência Técnica							
	Balanco de Massa							
	Arraçoamento							
	Características locais							
	Formato e dimensão dos tanques-rede							
	Equipamento limnológicos							
	Infraestrutura operacional e equipamento							
	Manejo e operação							
	Despesa e qualidade do produto							

Dos estudos demonstrados nos quadros 01 e 02, apenas Cacho (2017) relata evento de mortalidade na piscicultura, ocorrido em 2016, no reservatório de Umari,

localizado na bacia hidrográfica do rio Apodi/Mossoró, semiárido do estado do Rio Grande do Norte.

A análise dos quadros 1 e 2 demonstram não haver associação do monitoramento limnológico e meteorológico, bem como, que não há informações quanto aos fenômenos causadores dos eventos de mortalidade nas pisciculturas. Possivelmente, essa ausência dessa abordagem nos estudos citados tenha ocorrido pelo fato dos modelos adotados terem sido criados quando os eventos de mortalidade nas pisciculturas em açudes do semiárido ainda não fossem do conhecimento do setor produtivo e de estudiosos.

Os eventos de circulação vertical turbulenta e mortalidade nas pisciculturas demonstraram que a sustentabilidade da piscicultura em tanque-rede no semiárido é bem mais complexa do que tradicionalmente tem sido tratada. Nesse sentido, é necessário haver a compreensão de que a Limnologia com ciência aplicada é a maior garantia de que haja sustentabilidade dessa atividade produtiva. Por esse motivo é necessário incrementar os métodos de monitoramento limnológico e análise de sustentabilidade, adaptando-os a realidade da atividade no semiárido.

Os índices tecnológico e ambiental são essencialmente resultantes da compreensão limnológica da piscicultura em tanque-rede. Dessa forma, não é pertinente pensar que a alta produtividade seja o principal componente tecnológico da piscicultura em tanque-rede, portanto, podemos inferir que, para a piscicultura do semiárido, a Limnologia configura-se como um elemento tecnológico de grandiosa importância, o qual deve ser utilizado para contemplar o componente ambiental da sustentabilidade.

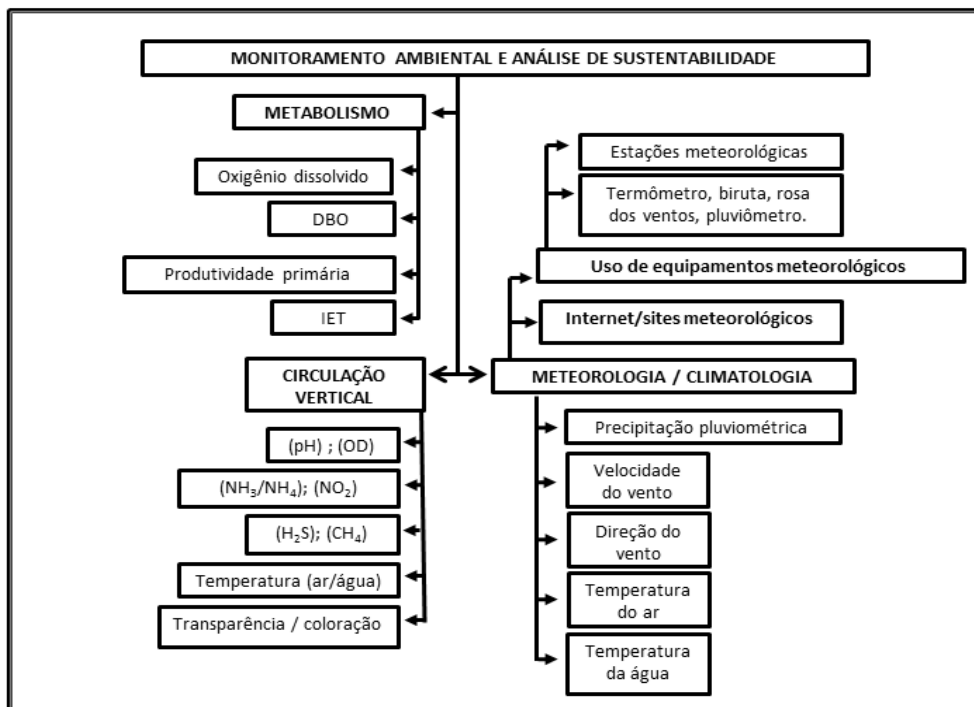
Especificamente quanto à sustentabilidade, a Limnologia está implicitamente relacionada com os aspectos tecnológicos e ambientais, a figura 01 demonstra os aspectos limnológicos diretamente ligados aos eventos de mortalidade nas pisciculturas.

Nos estudos de Nascimento e Araújo (2008) foi demonstrado que a sustentabilidade da piscicultura do açude Castanhão, Estado do Ceará, teve comprometimento elevado nos índices tecnológicos e ambientais, merecendo maior atenção. No referido estudo não foram abordadas as variáveis que constituem o organograma aqui exposto (fig. 01).

Uma das principais causas do encerramento das pisciculturas no açude Castanhão foi exatamente o fato das pisciculturas não adotarem essas metodologias de monitoramento e o desconhecimento dos fenômenos causadores das mortalidades. Outra causa de maior dimensão foi a intensa redução do volume hídrico, aspecto esse

que potencializa as possibilidades de eventos circulação vertical turbulenta e mortalidade nos cultivos.

FIGURA 01. Organograma com aspectos limnológicos e meteorológicos proposto para análise de sustentabilidade e monitoramento da piscicultura em tanque-rede.



Essa realidade não é exclusiva do açude Castanhão, os estudos de Santos *et al.* (2013), Melo Júnior (2017a), Melo Júnior (2017b), Silva e Melo Júnior (2018), Vasconcelos e Melo Júnior (2018), confirmam a variação de fatores meteorológicos como causadores de circulação vertical turbulenta que resultam na alteração de variáveis químicas e físicas do corpo aquático culminando na morte dos peixes cultivados.

As tabela 01 e 02 propõem questões relacionadas com a realidade aqui discutida e com a figura 01, dessa maneira, foram incluídas nos questionários de análise de sustentabilidade os aspectos ligados aos índices ambientais e tecnológicos.

TABELA 1: Sugestões de critérios para utilização como indicadores ambientais e tecnológicos de avaliação da sustentabilidade para a piscicultura em tanque-rede em açudes do semiárido.

DIMENSÕES E CRITÉRIOS	INDICADORES
GESTÃO AMBIENTAL DA ÁREA DE CULTIVO	<ul style="list-style-type: none"> • Qual o tempo de permanência do cultivo na mesma área? • Faz rotação da área de cultivo? <ul style="list-style-type: none"> ▪ Faz o deslocamento da estrutura da área de cultivo para permitir recuperação da área cultivada, possibilitando resiliência na área do cultivo? ▪ Evita o acúmulo excessivo de resíduos do cultivo no sedimento, reduzindo a possibilidade de comprometimento do sedimento (sedimento anóxico), evitando alta produção de gases tóxicos? ▪ Como faz para diminuir a possibilidade de intoxicação em caso de circulação vertical turbulenta? • Faz conservação de mata ciliar?
CAPACITAÇÃO TÉCNICA	<ul style="list-style-type: none"> • Recebeu capacitação de como monitorar o ambiente? • Foi orientado a respeito dos seguintes aspectos? <ul style="list-style-type: none"> ▪ Uso de sondas; ▪ Coleta de amostras; ▪ Conservação e envio para laboratório; ▪ Como interpretar o resultado de sondas; ▪ Kits colorimétricos.
CONHECIMENTO LIMNOLÓGICO	<ul style="list-style-type: none"> • Possui conhecimento sobre eutrofização? • Possui conhecimento sobre o metabolismo do açude a respeito dos seguintes aspectos? <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fotossíntese; ▪ Respiração; ▪ Decomposição.
DINÂMICA DO ECOSISTEMA	<ul style="list-style-type: none"> • Possui conhecimento sobre a cerca dos seguintes pontos? <ul style="list-style-type: none"> ▪ Estratificação; ▪ Desestratificação; • Possui conhecimento sobre circulação vertical turbulenta? • Sobre variação de temperatura, conhece sobre os seguintes pontos? <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ciclo diário; ▪ Ciclo noturno;
SERVIÇOS DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA	<ul style="list-style-type: none"> • Recebe assistência? • Quais os assuntos discutidos nas visitas? O técnico fala de limnologia? • Qual a frequência que recebe assistência?

TABELA 2: Sugestões de critérios para utilização como indicadores ambientais e tecnológicos de avaliação da sustentabilidade para a piscicultura em tanque-rede em açudes do semiárido.

IMPACTOS SOBRE A PRODUÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> • Alterações climatológicas, meteorológicas afetam a produção? • Sabe citar se já ocorreu algum caso de circulação vertical turbulenta? • Já ocorreu casos de mortalidade? • Saber dizer se a circulação vertical possui relação com as mortalidades?
MONITORAMENTO AMBIENTAL	<ul style="list-style-type: none"> • Possui os seguintes equipamentos para o monitoramento limnológicos? <ul style="list-style-type: none"> ▪ Químicos: <ul style="list-style-type: none"> ▫ Oxímetro; ▫ Phgmetro; ▪ Físicos: <ul style="list-style-type: none"> ▫ Termômetro ▫ Disco de Secchi; ▫ Condutivímetro; ▪ Biológicos <ul style="list-style-type: none"> ▫ Incubadora e frasco de DBO; ▫ Produtividade primária; ▪ Meteorológicos: <ul style="list-style-type: none"> ▫ Termômetro; ▫ Anemômetro; ▫ Biruta; ▫ Pluviômetro; • Sabe dizer em quais períodos ocorreu casos de mortalidade causados por circulação vertical?

No Semiárido as condições de cultivo da piscicultura em tanque-rede são dependentes dos eventos de ordem natural, como a circulação vertical. Vasconcelos e Melo Júnior (2018), Melo Júnior (2017) afirmam que as mortalidades nas pisciculturas em tanque-rede no Semiárido foram consequência desses eventos, causados por fenômenos meteorológicos, os quais exercem influência na circulação vertical do açude.

Os casos de mortalidade nas pisciculturas podem causar insustentabilidade econômica pelos prejuízos financeiros, determinando vulnerabilidade social aos piscicultores e seus familiares. Melo Júnior (2017), em estudos na bacia hidrográfica do rio salgado, afirma que as atividades na piscicultura nos açudes Olho D'Água e Cachoeira não foram encerradas por falhas no autogerenciamento das pisciculturas, mas sim pelas mortalidades que geraram comprometimento financeiro resultando em desestímulo e impossibilidade de continuar a atividade.

Para analisar as esferas tecnológica e ambiental como componente da sustentabilidade ambiental é necessário tomar conhecimento do sistema de produção da

piscicultura utilizando indicadores que caracterizam a tecnologia utilizada no cultivo e levar em consideração as características do processo produtivo, práticas adotadas e indicadores ambientais que possam refletir o impacto da piscicultura sobre o meio ambiente (NASCIMENTO, 2007).

Além disso, nas análises de sustentabilidade, é importante que os conhecimentos limnológicos e meteorológicos, assim como a aplicação desses conhecimentos, sejam postos em prática para alcançar maiores índices de sustentabilidade nos componentes tecnológico e ambiental, sendo estes a base para que o piscicultor possa conviver com as intempéries da natureza tornando a atividade mais rentável e lucrativa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas atividades de piscicultura em tanque-rede, em açudes do semiárido, a Limnologia tem sido preterida, como ciência que pode conduzir a piscicultura em tanque-rede a sustentabilidade, bem como, é o principal caminho para o atendimento as questões legais do monitoramento ambiental, especialmente a resolução 357/2005 do CONAMA.

É necessário que à Limnologia e Meteorologia sejam incorporadas nas análises de sustentabilidade da piscicultura em tanque-rede, estas duas ciências representam fortemente os componentes tecnológico e ambiental constituintes das análises de sustentabilidade, bem como, que métodos de monitoramento limnológico e meteorológico sejam fortemente inseridos nas atividades cotidianas dos cultivos.

Para garantir a sustentabilidade da piscicultura em tanque-rede no Semiárido é primordial que estudos limnológicos e meteorológicos sejam desenvolvidos para caracterizar a dinâmica da circulação vertical do corpo hídrico, e que essa condição seja considerada no planejamento da atividade.

A Limnologia e Meteorologia são de extrema importância para auxiliar o piscicultor a conviver com a circulação vertical turbulenta e com os demais aspectos do metabolismo do ecossistema, os quais exercem forte influência nas condições de cultivo.

É importante compreender que a Limnologia e Meteorologia configuram-se como novo paradigma da piscicultura em açudes do semiárido, podendo garantir a continuidade e o encaminhamento da atividade para a sustentabilidade, especialmente, em virtude dos eventos de mortalidade terem causado o fim de diversas pisciculturas, bem como, por ser um fenômeno natural, para o qual é necessário desenvolver

tecnologias de convivência para possibilitar que a piscicultura em açudes do semiárido seja uma atividade com maior nível de segurança.

REFERÊNCIAS

1. ALMEIRA, RENATO DE. **Indicadores de sustentabilidade do cultivo de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) em tanque-rede em reservatório tropical**. 2013. p. 57 Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - Programa de Pós-Graduação em Aquicultura da UNESP, Jaboticabal-SP, 2013.
2. AMÉRICO, J. H. P.; TORRES, N. H.; MACHADO, A. A.; CARVALHO, S. L. Piscicultura em tanques-rede: impactos e consequências na qualidade da água. **Revista Científica ANAP**. Brasil, v. 6, n. 7, p. 137-150. jul. 2013.
3. ARANA, L. Vinatea. **Fundamentos de aquicultura**. Editora da UFSC. p.348. 2004.
4. ARAÚJO, Leonardo da Silva. **Estudo da sustentabilidade da piscicultura no município de Coremas PB**. Dissertação (Mestrado Profissional da Universidade Federal de Campina Grande) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais, Pombal-PB. p. 62. 2015.
5. ASSAD, L. T.; BURSZTYN, M. Aquicultura sustentável. Aquicultura no Brasil: bases para um desenvolvimento sustentável. **CNPq/Ministério da Ciência e Tecnologia**, Brasília, p. 303-323, 2000.
6. BARBOSA, H. Mortandade de peixes intriga pescadores no açude Orós: o açude Orós recebe, por meio do Rio Jaguaribe e de seus afluentes, detritos de dezenas de cidade e de vilas rurais que não têm saneamento básico. **Diário do Nordeste**, 19 fev. 2015. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/editorias/regiao/mortandade-de-peixes-intriga-pescadores-no-acude-oros-1.1223846>. Acesso em: 25 out. 2015.
7. BARBOSA, H. Morte de 20 toneladas de peixes preocupa criadores. **Diário do Nordeste**, 23 jul. 2010. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/editorias/regiao/morte-de-20-toneladas-de-peixes-preocupa-criadores-1.373425>. Acesso em: 11 set. 2019.
8. BRAGA, T. M.; DE FREITAS, A. P. G; DUARTE, S. G; SOUZA-CAREPA, J. Índices de sustentabilidade municipal: o desafio de mensurar. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 14, n. 3, p. 23, set./dez. 2009.
9. BRITO, T. P.; SANTOS, A. T. S.; QUINTAIROS, R. R. D.; COSTA, L. C. O. Aspectos tecnológicos da piscicultura do município de Capitão Poço, Pará, Brasil. **Biota Amazônia**, Macapá v. 7, n. 1, p. 17-25, 2017.
10. CACHO, Júlio César da Silva. **O cultivo de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em tanques rede em reservatório do semiárido brasileiro é sustentável economicamente, socialmente e ambientalmente?** Dissertação (Universidade Federal Rural do Semiárido). Mossoró-RN. p. 92. 2017.
11. COGERH - Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. Nota técnica 05/2016 GEDOP/DIOPE. **Eventos de mortandade de peixe no Estado do Ceará** - Governo do Estado do Ceará – Secretaria de Recursos Hídricos 10/06/2016.
12. CRISPIM, R. Mortandade atinge 12t de peixes em Aurora: fenômeno conhecido como "ressurgência" pode ter provocado a perda de cerca de 70% da produção local. **Diário do Nordeste**, 27 jun. 2014. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/editorias/regiao/mortandade-atinge-12t-de-peixes-em-aurora-1.1045852>. Acesso em: 10 jun. 2016.

13. DA MATA, D. A.; SOUZA, T.; GOMES, C. M.; DE ANDRADE, R. A.; APOLINÁRIO, M. O. Limnologia e sua correlação com a produtividade da tilápia (*Oreochromis niloticus*). **Agropecuária Científica No Semiárido**. v. 14, n. 3, p. 254-265, 2018.
14. EDWARDS, P.; DEMAINE, H. **Rural aquaculture: Overview and Framework for Country Reviews**. Agricultural and Aquatic Systems Program School of Environment, Resources and Development Asian Institute of Technology Bangkok, Thailand. 1998. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/x6941e/x6941e00.htm>> Acesso em: mar/2019
15. ELER, M. N; MILLANI, T. J. Métodos de estudos de sustentabilidade aplicados a aquicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Sociedade Brasileira de Zootecnia. v. 36, n. suplemento especial, p. 33-44, 2007. ISSN 1516-3598.
16. FREITAS, E. Mortandade de peixe causa apreensão em Jaguaribara. **Diário do Nordeste**, [S. l.], 30 set. 2013. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/editorias/regiao/mortandade-de-peixe-causa-apreensao-em-jaguaribara-1.450907>. Acesso em: 11 set. 2019.
17. KIMPARA, J. M.; ZADJBAND, A. D.; VALENTI, W. C. Medindo a sustentabilidade na aquicultura. **Boletim da Sociedade Brasileira de Limnologia**. v.38, n.2, 2010.
18. LIMA, A. F.; SILVA, A. P.; RODRIGUES, A. P. O.; BERGAMIN, G. T.; TORATI, L. S.; PEDROZA FILHO, M. X.; MACIEL, P. O. Qualidade da água: piscicultura familiar. **Embrapa Pesca e Aquicultura-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E)**, 2013.
19. MELO JÚNIOR, H. do N. Sustentabilidade da piscicultura em taque-rede em açudes da bacia hidrográfica do Rio Salgado – semiárido Cearense. *In: 6º Colóquio Sociedade, Políticas Públicas Cultura e Desenvolvimento e 2º Simpósio do Observatório das Migrações no Estado do Ceará, 2017, Crato-CE. Anais*. Universidade Regional do Cariri – URCA. p. 1115 – 1134. 2017. Disponível em: <<http://www.urca.br/novo/portal/docs/pdf/2017/Eventos/VI-CEURCA-Anais.pdf>>. Acesso em: set/2019
20. MELO JÚNIOR, H. do N.; DIAS, M. I. B.; VASCONCELOS, F. F. de. Indicadores etnolimnológicos e meteorológicos de circulação vertical turbulenta na piscicultura em tanque-rede. *In: SAMPAIO, F. G; DA SILVA, C. M; TORIGOI, R. H; PACKER, A. P. C; MANZATTO, C. V; DA SILVA, J. L (ed.). Estratégias de monitoramento ambiental da aquicultura: portfólio de monitoramento ambiental da aquicultura em água da União. São Paulo: Instituto de Pesca, 2019. v. 4, p. 19-20. ISBN 978-65-80646-00-5. E-book*.
21. MERCANTE, C. T. J.; MARTINS. Y. K.; DO CARMO, C. F.; OSTI, J. S.; PINTO, C. S. R. M.; TUCCI, A. Qualidade da água em viveiro de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*): caracterização diurna de variáveis físicas, químicas e biológicas, São Paulo, Brasil. **Bioikos**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 79-88, 2007.
22. MOURA, R. S. T.; VALENTI, W. C.; HENRY-SILVA, G. G. Sustainability of Nile tilapia net-cage culture in a reservoir in a semi-arid region. **Ecological indicators**, v. 66, p. 574-582, 2016.
23. NASCIMENTO, Sandra Carla Oliveira do. **Avaliação da sustentabilidade do projeto de piscicultura curupati-peixe no açude Castanhão, Jaguaribara-CE**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007. p. 127
24. OLIVEIRA, R. P. C.; SILVA, P. C.; BRITO, P. P.; GOMES, J. P.; SILVA, R. F.; SILVEIRA FILHO, P. R.; ROQUE, R. S. Variáveis hidrológicas físico-químicas na

- criação da tilápia do Nilo no Sistema Raceway com diferentes renovações de água. **Revista Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 11, n. 3, p. 482-487, jul./set. 2010.
25. PILLAY, T. V. R. Aquaculture and the environment. **Oxford: Blackwell Publishing**, 2004. Ed 2. 94p.
 26. SAMPAIO, F. G.; LOSEKANN, M. E.; LUIZ, A. J. B.; NEVES, M. C.; FRASCÁ-SCORVO, C. M. D.; RODRIGUES, G. S. Monitoramento e gestão ambiental da piscicultura em tanque-rede em reservatórios. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v. 34, n. 272, p. 1-11, jan/fev. 2013.
 27. SANTOS, T. M. L, dos.; MELO JÚNIOR, H, do N.; FEITOSA, I. M. M.; SOUSA, F. de F. S. Mortalidade de peixes em tanque-rede versus meteorologia – Açude Olho d’água – Várzea Alegre, Ceará. **III Congresso Nacional de Educação Ambiental e o V Encontro Nordestino de Biogeografia**. p. 9. 2013
 28. SILVA, M. I. S.; MELO JÚNIOR, H. do N. Circulação vertical e mortalidade de peixes em piscicultura em tanque-rede em açudes no semiárido cearense. **Anais - II Simpósio de Aquicultura e Recursos Pesqueiros**. Serra Talhada – PE. p. 10. 2018.
 29. SILVA, M. I. S.; MELO JÚNIOR, H. DO NASCIMENTO. Circulação vertical e mortalidade de peixes em piscicultura em tanque-rede em açudes no semiárido cearense. **Anais (II Simpósio de Aquicultura e Recursos Pesqueiros)**, Serra Talhada – PE. p. 10. 2018.
 30. SOUZA, João Augusto Potenciano Landi de Lima. **Estudo de impactos sociais, econômicos e ambientais, ocasionados pela piscicultura em tanque-rede na região de Paulo Afonso – BA**. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente da Universidade Federal do Tocantins). Palmas, TO. p. 131. 2006
 31. TACON, A. G. J.; FOSTER, I. P. Aquafeeds and the environment: policy implications. **Aquaculture**, v.226, p.181-189, 2003.
 32. TAVARES, L. H. S. **Limnologia aplicada à aquicultura**. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária. Centro de Aquicultura (Jaboticabal, SP). São Paulo, SP. FUNEP, 1995.
 33. TOVAR, A.; MORENO, C.; MÁNUEL-VEZ, M. P.; GARCÍA-VARGAS, M. Environmental impacts of intensive aquaculture in marine waters. **Water Resource**, v.34, n.1, p.334-342, 2000.
 34. VALENTI, W. C. A aquicultura Brasileira é sustentável? *In*: IV Seminário Internacional de Aquicultura, Maricultura e Pesca, Aquafair. Florianópolis, SC, 2008. p. 11. **Anais**. Disponível em: <http://www.avesui.com/anais>. Acesso em: set/2019.
 35. VALENTI, W. C. Measuring aquaculture sustainability. **World Aquac.** n. 42,26–30. 2011.
 36. VASCONCELOS, F. F.; MELO JÚNIOR, H. DO NASCIMENTO. Diagnóstico dos processos determinantes de mortalidade em piscicultura em tanque-rede no semiárido. **Anais (II Simpósio de Aquicultura e Recursos Pesqueiros)**, Serra Talhada – PE. p. 11. 2018.