

CIÊNCIAS AGRÁRIAS: A MULTIDISCIPLINARIDADE DOS RECURSOS NATURAIS

VOLUME X

Frederico Celestino Barbosa

Ciências agrárias: a multidisciplinaridade dos recursos naturais

10^a ed.

Piracanjuba-GO
Editora Conhecimento Livre
Piracanjuba-GO

10ª ed.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Barbosa, Frederico Celestino
B238C Ciências agrárias: a multidisciplinaridade dos recursos naturais
/ Frederico Celestino Barbosa. – Piracanjuba-GO

Editora Conhecimento Livre, 2022

167 f.: il

DOI: 10.37423/2022.edcl645

ISBN: 978-65-5367-248-2

Modo de acesso: World Wide Web

Incluir Bibliografia

1. agronomia 2. engenharia-florestal 3. engenharia-agrícola 4. engenharia-de-pesca I. Barbosa, Frederico Celestino II. Título

CDU: 630

<https://doi.org/10.37423/2022.edcl645>

O conteúdo dos artigos e sua correção ortográfica são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

EDITORIA CONHECIMENTO LIVRE

Corpo Editorial

MSc Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior

MSc Humberto Costa

MSc Thays Merçon

MSc Adalberto Zorzo

MSc Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno

PHD Willian Douglas Guilherme

MSc Andrea Carla Agnes e Silva Pinto

MSc Walmir Fernandes Pereira

MSc Edisio Alves de Aguiar Junior

MSc Rodrigo Sanchotene Silva

MSc Wesley Pacheco Calixto

MSc Adriano Pereira da Silva

MSc Frederico Celestino Barbosa

MSc Guilherme Fernando Ribeiro

MSc. Plínio Ferreira Pires

MSc Fabricio Vieira Cavalcante

PHD Marcus Fernando da Silva Praxedes

MSc Simone Buchignani Maigret

Dr. Adilson Tadeu Basquerote

Dra. Thays Zigante Furlan

MSc Camila Concato

PHD Miguel Adriano Inácio

MSc Anelisa Mota Gregoleti

PHD Jesus Rodrigues Lemos

MSc Gabriela Cristina Borborema Bozzo

MSc Karine Moreira Gomes Sales

Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares

MSc Pedro Panhoca da Silva

MSc Helton Rangel Coutinho Junior

MSc Carlos Augusto Zilli

MSc Euvaldo de Sousa Costa Junior

Dra. Suely Lopes de Azevedo

MSc Francisco Odecio Sales

MSc Ezequiel Martins Ferreira

MSc Eliane Avelina de Azevedo Sampaio

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	6
OS DESAFIOS HISTÓRICOS NA AGRICULTURA FAMILIAR	
antonio jose dos Santos	
Márcia Maria Rodrigues Sá	
Nelson José Thesing	
DOI 10.37423/221206915	
CAPÍTULO 2	34
OSCILAÇÃO TÉRMICA NO RESERVATÓRIO DO LAJEADO, PARQUE AQUÍCOLA SUCUPIRA	
Victor Gabriel Ribeiro	
Kétuly da Silva Ataides	
DOI 10.37423/221206916	
CAPÍTULO 3	49
DESENVOLVIMENTO RADICULAR E DA PORÇÃO AÉREA DA BRACHIARIA DECUMBENS X	
SOB DIFERENTES DOSES DE ADUBOS QUÍMICOS	
Adriane da Silva Rodrigues	
Carlos Eduardo Acosta Ceni	
DOI 10.37423/221206917	
CAPÍTULO 4	65
SISTEMAS DE RECIRCULAÇÃO E REÚSO DE ÁGUA NA AQUICULTURA: UMA FERRAMENTA	
PARA SUSTENTABILIDADE	
Marco Shizuo Owatari	
Caio Magnotti	
Douglas da Cruz Mattos	
Raoani Cruz Mendonça	
Leonardo Castilho de Barros	
Fabio Carneiro Sterzelecki	
DOI 10.37423/221206928	
CAPÍTULO 5	91
MÉTODOS E APLICAÇÕES DA CONSERVAÇÃO DE SÊMEN EM PEIXES MARINHOS	
Caio Magnotti	
Douglas da Cruz Mattos	
Marco Shizuo Owatari	
Leonardo Castilho-Barros	
Fabio Carneiro Sterzelecki	
Raoani Cruz Mendonça	
DOI 10.37423/221206936	

CAPÍTULO 6	111
ANALYSIS OF THE DEPOSITION OF SPRAYED SYRUP ON THE WATERMELON CROP IN AERIAL AND TERRESTRIAL APPLICATIONS	
Maria Eduarda Audizio Ribeiro	
Edney Leandro da Vitória	
DOI 10.37423/221206957	
CAPÍTULO 7	125
O RESGATE DO “SER AGRICULTOR (A)” A PARTIR DA PRODUÇÃO PARA A ALIMENTAÇÃO ESCOLAR	
Tatiana Aparecida Balem	
Marco Antônio Verardi Fialho	
DOI 10.37423/221206958	
CAPÍTULO 8	144
ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DO DESMATAMENTO NA MICRORREGIÃO DA CHAPADA DAS MANGABEIRAS – MA	
Clemeson Cardoso Vale	
Antonia de Lima da Silva	
Mauriane de Lima da Silva	
Mauricelia de Lima da Silva	
DOI 10.37423/221206968	
CAPÍTULO 9	156
RESISTÊNCIA NATURAL DE CHAPAS DE MADEIRAS AGLOMERADAS AOS CUPINS NASUTITERMES SURINAMENSIS (HOLMGREN) E N. CORNIGER (MOTSCHU.) (ISOPTERA: TERMITIDAE).	
RAIMUNDA LIÉGE SOUZA DE ABREU	
EDIGELSON BRAZ CHAVES	
BEATRIZ RONCHI-TELES	
CECI SALES-CAMPOS	
DOI 10.37423/221207003	

Capítulo 1



10.37423/221206915

OS DESAFIOS HISTÓRICOS NA AGRICULTURA FAMILIAR

antonio jose dos Santos

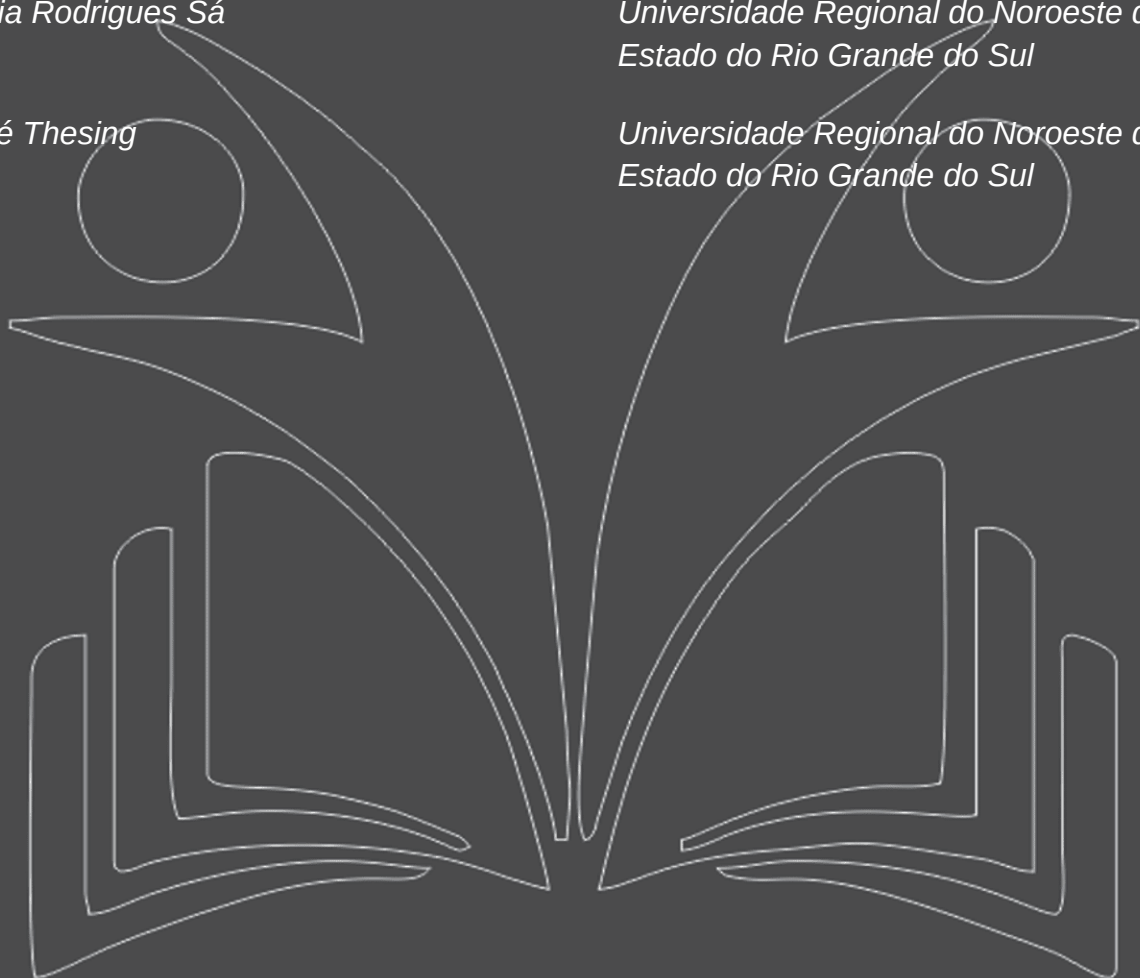
*Universidade Regional do Noroeste do
Estado do Rio Grande do Sul*

Márcia Maria Rodrigues Sá

*Universidade Regional do Noroeste do
Estado do Rio Grande do Sul*

Nelson José Thesing

*Universidade Regional do Noroeste do
Estado do Rio Grande do Sul*



Resumo: O presente estudo tem como objetivo principal, investigar a agricultura familiar, seu processo de contribuição para o desenvolvimento socioeconômico. Essa temática desperta interesse para pesquisadores, agricultores de economia familiar, políticas públicas. A trajetória da pesquisa trilha um diálogo com os aportes teóricos de Bourdieu para análise e reflexões, da natureza, das especificidades e dos fundamentos para com a agricultura familiar. Para investigar esse processo, os caminhos metodológicos contam com a pesquisa é bibliográfico, descritiva, qualitativa sobre a agricultura familiar. Os resultados da pesquisa permitem as especificidades da agricultura familiar, ao se constituir, organizar-se e sobreviver ao longo da história, o que remete papel da importância da agricultura familiar no contexto rural brasileiro, de maneira particular no que diz respeito à sua resiliência em um quadro de concentração da produção e de esvaziamento demográfico do campo. Aponta-se como sugestão, que para maior qualificação dessa discussão se faz necessário de três fatores: primeiro: a análise dos avanços na área conceitual, segundo: a realização de pesquisas empíricas junto ao setor; e terceiro: a importância de novos olhares a respeito da diversidade setorial e regional no Brasil, considerando as diversidades para sua definição e modalidades de agricultura familiar.

Palavras-chave: Agricultura familiar; Bourdieu; Sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

As unidades de economia familiar que constituem a agricultura familiar, apresentam especificidades que as distingue dos produtores rurais, que seguem a lógica produtivistas, a produção de mercadorias. Por conseguinte, ao seguir a lógica produtivista, os grandes conglomerados agrícolas apropriam-se de terras apenas como mercadoria sob a justificativa de desenvolvimento territorial.

No entanto, os estabelecimentos familiares são os que geram postos de trabalho no meio rural, enquanto os grandes estabelecimentos dependem de uma média de 67 hectares para geração de um posto de trabalho, já os estabelecimentos familiares demandam de apenas 8 hectares, uma diferença significativa. Para além, aponta IBGE (2017), 3.897.408 estabelecimentos (considerando os que atenderam os critérios da lei), ou seja, 77% ocupam 81 milhões de hectares, representando apenas 23% da área total dos estabelecimentos agropecuários do Brasil.

Dessa forma, a agricultura familiar pode ser entendida como uma construção social, ou seja, existe uma relação com a terra está para além de enxergá-la apenas como meio de produção de mercadorias, mas sim, de produção de vida. Corrobora Schneider (2004), ao afirmar que cada lugar tem a sua história, que necessita contar com a economia solidária, com a cooperação entre os seus protagonistas.

Não obstante, a agricultura familiar, pelo seu histórico de exclusão, necessita contar com as políticas públicas, que de certa forma, por um longo período da história, não eram contempladas. Para Santos (2001), a agricultura familiar só se viabiliza a partir de uma economia solidária, pelo uso de novas tecnologias, bem como, com a diversificação dos meios tradicionais de produção. Assim, as formas coletivas de produção e comercialização se apresentam como alternativas concretas mediante a prática de cooperação, de associativa, com o apoio das políticas pública.

Tem-se presente que as políticas públicas não são apenas de responsabilidade dos governos, mas também necessitam da presença de organizações associativistas e cooperativista, do movimento sindical. Desta forma, a organização e a formulação das estratégias em benefício da agricultura familiar podem ser protagonizadas pelos atores locais, instituições privadas e políticas, organizações não governamentais e o próprio poder público com o intuito de desenvolver o local (BUARQUE, 1999).

Tem-se presente que a competição desenfreada, o aquecimento do mercado de terras, desafiam a unidade de produção agrícola familiar, para atender as determinantes do mercado, que é um problema a ser superado. Para o agricultor familiar, a decisão de permanecer na atividade tem

questões determinantes, mesmo que seja por razões afetivas ou até mesmo culturais. As razões econômicas não chegam a ser a única determinante. Observa-se que o agricultor familiar, mais intensamente quando ainda no estágio de transição de camponês para agricultor familiar contemporâneo, apresenta uma relação afetiva e prática com a terra, dedicando tempo e esforço físico à sua unidade de produção, sem levar em consideração o tempo estabelecidos pelos calendários ou pelo clima. No entanto, somente nos de 1990 essas unidades de produção receberam atenção das políticas públicas.

Por conseguinte, a predominância dos modelos de desenvolvimento baseados fundamentalmente no setor empresarial e as novas formas de concorrência no setor, tem fragilizados a agricultura familiar. Significa a predominância dos modelos de produção para a exportação, ampliando as crises recorrentes na agricultura de pequena escala, a concentração de recursos produtivos em poucos atores. Um processo que necessita das políticas públicas implantadas nos anos de 1990 e que na atualidade não estão sendo contempladas no Brasil.

Desta forma, vale ressaltar que as estratégias de sobrevivência para a agricultura familiar, necessita incorporar novos processos produtivos, para obter ganhos na escala do desenvolvimento. Entre esses avanços poderá estar o consórcio, de maior operacionalidade e flexibilidade que as cooperativas podem oportunizar para obtenção de ganhos de aglomeração e ganhos de escopo ou de funcionalidade específica, quando a agricultura familiar se insere em uma cadeia produtiva na qual a empresa capitalista decida não participar (FANFANI, 2009).

Todas essas mudanças, que são derivadas dessa realidade diferente chamada de nova ruralidade. Nesse sentido, a agricultura tem sido historicamente uma atividade importante para o desenvolvimento local, embora desde meados do século XX e com maior intensidade nas duas décadas mais recentes, ocorreram mudanças transcendentais que são vivenciadas e que afetam tanto a prática quanto os seus respectivos atores. Essas mudanças têm a ver com as próprias modificações nos modelos de produção agrícola em escala mundial e a incorporação à uma economia internacional, bem como o crescimento da urbanização nos mais diversos locais.

O fenômeno da globalização econômica, trouxe um crescente domínio do capital na agricultura, a industrialização da agricultura, a urbanização das comunidades rurais e a abertura econômica e comercial promovida em diversos países. Esses fatores têm modificado definitivamente as características anteriores do setor rural (GÓMEZ, 2002), onde a agricultura familiar tem apresentado um acesso limitado a bens industrializados.

Michael Woods (2007), aponta que nas pequenas cidades surge uma ruralidade, caracterizada pelo surgimento das redes internacionais de bens agroindustriais. Essas redes são dominadas por grandes corporações transnacionais, que operam sob uma estratégia flexível para obter os melhores recursos. Embora os mecanismos de coordenação desenvolvidos no campo às vezes permitem a participação de agricultores, em geral, há um deslocamento de interesses locais.

Porém, nos anos 90 que o governo federal criou uma política voltada para os interesses da Agricultura Familiar, instalando o Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA) que passa a reconhecer a importância do agricultor de economia familiar. Em 1996, nasce outra política pública com o objetivo de compensar a falta de estrutura da política econômica para os agricultores familiares, foi criado o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF), uma linha de crédito que passou a ser um programa governamental com o objetivo de “propiciar condições para o aumento de capacidade produtiva, geração de empregos e melhoria da renda, contribuindo assim para a melhoria da qualidade de vida e a ampliação do exercício da cidadania por parte dos agricultores”. (PRONAF, 1996, p.13).

Em 2006, o IBGE realizou o Censo Agropecuário Brasileiro, onde se verificou a força e a importância da agricultura familiar para a produção de alimento no país. No ano de 2014 a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO) como o ano internacional da agricultura familiar, concretizando assim a importância desse seguimento para a sociedade. No entanto, pelos olhares de Bourdieu (1962), ao verificar a família tradicional, dialoga com a consagrada à família, que contempla uma relação que permeia a casa, a família que se constitui em uma realidade em conjunto, ou seja, realidade social. Portanto, a família passa ser um conjunto de indivíduos, formando uma aliança, pelo casamento, pela filiação.

Assim, os familiares estabelecem relações sociais, que se constitui em categoria, tendo ações norteadoras de forma coletiva na construção de uma realidade coletiva. Um processo que ultrapassa a simples concepção verbal da palavra familiar, tendo presente uma configuração valiosa de relações sociais. Então, a família enquanto uma realidade transcende seus membros, um caráter transpessoal dotado de uma vida e espírito comuns e uma visão particular do mundo. (BOURDIEU, 1962).

Por fim, o presente artigo, para além desta introdução apresenta a fundamentação teórica, os caminhos metodológicos, análise e discussão dos resultados e as considerações finais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. AGRICULTURA FAMILIAR

Parte do pressuposto de que o desenvolvimento econômico de um país necessita contar com o fortalecimento da agricultura familiar. No entanto, nos últimos anos, as políticas públicas estão bastante distantes deste setor. Nesse sentido, para reverter essa situação, especialmente, ao ter presente a segurança alimentar, seria de bom alvitre que os órgãos públicos, como o Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA), a Secretaria da Agricultura Familiar passe a fortalecer o Selo da Identificação da Participação da Agricultura Familiar (SIPAF), para a manutenção da identidade social para a divulgação significativa da agricultura familiar nos produtos de boa qualidade alimentar.

Entende-se que agricultura familiar é o cultivo da terra por parte de uma família, onde o agricultor tira os produtos para consumo próprio e para possível comercialização. O cultivo é realizado pelos agricultores de economia familiar, tendo a própria família, eventualmente quando esses não atendem à demanda dos serviços necessários é complementado pelo trabalho de terceiros. Infere-se que agricultura familiar mudou muito nos últimos anos, vale ressaltar que até pouco tempo atrás os agricultores não eram reconhecidos como categoria social.

Portanto, de acordo com as especificações da Lei 11.326, de 24 de julho de 2006, para ser considerado Agricultor Familiar, esse necessita atender alguns requisitos como: 1) não possuir propriedade rural maior que quatro módulos fiscais. 2) utilizar predominantemente mão de obra da própria família nas atividades econômicas da propriedade. 3) possuir a maior parte da renda familiar proveniente das atividades agropecuárias desenvolvidas no estabelecimento rural (BRASIL, 2006).

Pela “Agricultura familiar entende-se, em termos gerais, uma unidade de produção onde trabalho, terra e família estão intimamente relacionados”. CARNEIRO, 1999, p.329). Desta forma pode-se concluir que tanto o trabalho do agricultor, quanto a sua produção em família, está interligado, levando em consideração que os proprietários são os mesmos que administram e produzem. Já para Abramovay (1992, p.22-127): “Agricultura familiar é altamente integrada ao mercado, capaz de incorporar os principais avanços técnicos e responder as políticas governamentais [...] Aquilo que era antes de tudo um modo de vida converteu-se numa profissão, numa forma de trabalho”.

Desta forma pode-se concluir que a agricultura familiar vem desenhando um cenário dinâmico, ela está se adaptada ao mercado, acompanhando os avanços tecnológicos deixando de ser usada apenas

para seu sustento, passando a fazer parte da economia brasileira. Nessa mesma linha de raciocínio, Wanderley (1999, p 23), afirma que Agricultura familiar é:

Aquela em que a família, ao mesmo tempo em que é proprietária dos meios de produção, assume o trabalho no estabelecimento produtivo. É importante insistir que esse caráter familiar não é um mero detalhe superficial e descritivo, ou seja, o fato de uma estrutura produtiva associar família-produção-trabalho tem consequências fundamentais para a forma como ela age econômica e socialmente. No entanto, assim definida, essa categoria é necessariamente genérica, pois a combinação entre propriedade e trabalho assume, no tempo e espaço, uma grande diversidade de formas sociais.

Complementa Wanderley (1999), que a agricultura familiar é um processo muito amplo, pois consegue envolver o sistema produtivo, de escoamento das mercadorias a comercialização. Contudo, é pertinente afirmar que a agricultura familiar tem sido um tema recorrente nos meios acadêmicos, nas políticas de governo e nos movimentos sociais. Portanto, fomentar, facilitar, incentivar e simplificar a atividade rural é fundamental para que os pequenos produtores encontrem condições de permanecer e crescer na atividade.

Por conseguinte, merece registro que as políticas públicas voltadas para o segmento da agricultura familiar nas últimas décadas, por meio de programas como o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA), Programa Nacional de Alimentação Escolar (PENAE), os quais oportunizam o escoamento da produção realizada pela agricultura familiar e como consequência positiva a disponibilização de alimentos saudáveis para os consumidores. Na década de noventa foi implantado o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf), criado para funcionar como uma linha de crédito do produtor rural, em 1995 pelo decreto nº 2.191 e, em 1996 foi instituído pelo decreto 1.946, voltado para a linha de crédito, visando o financiamento da produção e investimentos, e desde então vem se consolidando como a mais importante ferramenta da política pública visando o segmento da agricultura familiar.

Neste quadro, a sustentabilidade dos espaços rurais está intimamente relacionada ligada a um conjunto de componentes sociais e institucionais tão relevantes quanto aqueles considerados em conceituações tradicionais. Para tanto, é fundamental um processo participativo de definição, monitoramento e avaliação de indicadores de sustentabilidade em suas diversas dimensões: ambiental, social, econômica e institucional. Porém, registra-se que nem sempre o governo atual tem incentivados os programas, quando de sua criação, em governos anteriores.

Nestas diretrizes, o atual governo tem privilegiado os grandes latifundiários que ocupam espaço rural com outras atividades econômicas, estabelecendo assim novos vínculos entre o campo e a cidade.

Porém, apresentam desafios no território que possibilite o desenvolvimento sustentável. Para Chiappe *et al.*, (2008), destaca a dimensão social, o papel das comunidades, das instituições locais, da agricultura familiar, na contribuição do processo de segurança alimentar e dinâmicas econômicas, comerciais e sociais dos territórios locais. As comunidades e as instituições, por sua vez, inseridas em seu ambiente local, podem perceber melhor os desafios para uma gestão integrada e sustentável do território.

2.2 SUSTENTABILIDADE NO CAMPO

Nas últimas décadas, face às profundas transformações rurais e no quadro das abordagens territoriais de um desenvolvimento rural, se apresenta uma preocupação com o significado, o valor, a sustentabilidade das áreas rurais, os modos de vida, do trabalho dos seus habitantes, alguns dos quais sentir-se ameaçado por novas tendências derivadas dos processos de globalização e modernização da agricultura familiar.

Assim, pela transformação produtiva que busca articular a competitividade e as formas sustentáveis na economia do território, para formação de mercados dinâmicos e o desenvolvimento institucional. Um processo que necessita estimular e facilitar o entendimento entre os atores sociais local, o empoderamento do capital social e das redes, além de aumentar a equidade no acesso a oportunidades a vários programas. Portanto, tem-se presente a necessidade de uma visão integrada do território, uma construção social dos diferentes setores e atores que o compõem, a realidade geográfica e física, que reconhece suas próprias características socioeconômicas, ambientais e culturais (BERDEGUÉ; SCHEJTMAN, 2007; LLAMBI; PÉREZ, 2007; CHIRIBOGA, 2003).

A agricultura familiar para além de buscar os sistemas de produção que levam em conta a sustentabilidade, cultiva a presença das mulheres como atores sociais, especialmente ao acessar novas tecnologia de produção. Registra-se que a presença da mulher nos processos produtivos foi mais lenta no campo do que na cidade. As cidades apresentam estruturas e dinâmicas familiares condicionadas a incorporação das mulheres ao trabalho, à cidadania e à vida política, que mostra os gêneros como construções culturais (CASTELLS, 1998; VALDÉS, 2007; FARAH, 2008).

As contribuições científicas de Katlyn *et al.*, (2013), propõem estudar a sustentabilidade, dos meios de subsistência rurais analisados em relação à pobreza, insegurança alimentar e ausência de acesso aos recursos, sendo a insegurança alimentar um indicador de instabilidade e insustentabilidade dos meios de subsistência. Para melhorar a capacidade adaptativa dos agricultores e das comunidades é

essencial para o futuro sustentável dos meios de vida rurais. Sendo a capacidade adaptativa definida como a capacidade individual ou coletiva de modificar a gestão sustentável dos recursos naturais em resposta à corrente, melhorar a resiliência de um sistema e reduzir sua vulnerabilidade, isso permite ir de um sistema em um estado indesejado ou de um sistema desejado (SPEELMAN *et al.*, 2014).

Assim, a capacidade adaptativa de um sistema sustentável é fundamental para desenvolver estratégias que frequentemente se baseiam em redes sociais, reorientação na produção agrícola, melhoria da infraestrutura, melhoria da estrutura organizacional local e diversificação da produção do sistema. No entanto, essas estratégias dependem da disponibilidade de recursos, o que inclui respostas econômicas e institucionais que afetam os sistemas socioeconômicos (SPEELMAN *et al.*, 2014). Já para Danse e Vellema (2007), o interesse em incorporar o conceito de sustentabilidade no ambiente do comércio internacional, aponta maior necessidade na produção, uma vez que, os compradores internacionais, estão cada vez mais exigentes, em função dos novos consumidores.

Para Elder *et al.* (2013), o arcabouço da produção é medido por três eixos fundamentais que contemplam os aspectos sociais, ambientais e econômicos e cada uma das certificadoras enfatiza se está em um desses aspectos pelo menos ou em todos. Esse entendimento permite a criação de novos nichos de mercado que possuem normas ambientais específicas para a proteção do meio ambiente, saúde e segurança ocupacional, entre outros para a preservação de florestas e aves.

Desta forma, a preocupação com a sustentabilidade nos processos de desenvolvimento aumentou notavelmente nos últimos anos. Diferentes países são entregues orientações a este respeito, assumindo-a como uma responsabilidade que diz respeito a ambos, tanto às autoridades como à sociedade civil. Da mesma forma, houve progresso no design dos mecanismos que permitem sua avaliação, monitoramento e controle, por meio da definição de indicadores ou sistemas de indicadores de sustentabilidade.

Portanto, a sustentabilidade dos espaços rurais remete à permanência no tempo das conquistas de desenvolvimento que estão sendo alcançadas em um território determinado. Isso requer uma série de fatores condicionantes que, em última análise, são associados a uma maior probabilidade de que esta sustentabilidade será concretizada. Para estabelecê-los, é necessário definir indicadores mensuráveis de sustentabilidade, sejam quantitativos ou qualitativos, especialmente em termos de situações tão dinâmicas quanto as atuais, que geram desequilíbrios e desigualdades permanentemente.

Por um lado, o desenvolvimento sustentável está sendo integrado em uma crescendo nas práticas de negócios para melhorar a qualidade, garantir o abastecimento dos produtos e contribuir para os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM). Desta forma, o negócio mais inclusivo para distribuidores de pequena escala é uma forma de melhorar a reputação corporativa, ganhar legitimidade em mercados locais e criar produtos “éticos”.

Portanto, soluções criativas são necessárias para interconectar os dois mundos, de tal forma que, enquanto os produtores em pequena escala, conquistam acesso a mercados, conhecimento, tecnologia e renda, os compradores se adaptam a um mercado limitado pela oferta e pode acessar, em melhores condições, a produtos-chave para suas necessidades, a um custo competitivo, e até obter acesso a produtos de alta qualidade.

Nessa perspectiva, um sistema de indicadores de sustentabilidade seria um conjunto ordenado e coeso de indicadores que permite a avaliação, monitoramento e o controle da sustentabilidade econômica. A partir dos processos de desenvolvimento social e ambiental em uma ou várias áreas geográficas (GALLPOÍN, 2006; LASTRA *et al.*, 2008).

2.3 REFLEXÕES EM BOURDIEU

A definição dominante e legítima da família tradicional, relaciona-se a consagrada à família. Tendo como apoio uma relação que envolve a casa, a família que constrói uma realidade em conjunto, a sua realidade social. De acordo com este entendimento, a família passa ser um conjunto de indivíduos relacionados, ou seja, ligados entre si por aliança, casamento ou por filiação, ou também por adoção (podem possuir um parentesco sanguíneo ou não) e vivem sob um mesmo local. (BOURDIEU, 1962).

Assim, as relações familiares, em sua definição oficial, tendem a funcionar como princípios de construção e avaliação de todas as relações sociais. Como se costuma dizer, se é verdade que família é apenas um termo, também, é verdade que é uma categoria, um princípio coletivo de construção da realidade coletiva.

Mas se for admitido que família é apenas uma palavra, uma simples construção verbal, tentaremos analisar as representações que as pessoas têm do que chamam de família. Tendo esta como uma espécie de ideologia política que designa uma configuração valiosa de relações sociais, emitem uma série de pressupostos comuns a este discurso, cotidiano e acadêmico.

O primeiro conjunto de propriedades: por meio de uma espécie de antropomorfismo, consiste em atribuir a um grupo as propriedades de um indivíduo é concebido para família como uma realidade

que transcende seus membros, um caráter transpessoal dotado de uma vida e espírito comuns e uma visão particular do mundo. (Bourdieu, 1962).

A unidade doméstica é concebida como um agente ativo, dotado de vontade, capaz de pensando, sentindo e agindo e fundado em um conjunto de cognitivas e prescrições normativas sobre a maneira correta de viver as relações do doméstico.

Um universo do qual as leis ordinárias do mundo estão suspensas, pois a família é o lugar de confiança e de dar. Muitas vezes, e certamente universalmente, o discurso comum vem da família modelos ideais de relações humanas (por exemplo, com conceitos como fraternidade). Sempre que conceitos classificatórios como o de família, compreendem tanto uma descrição quanto uma prescrição, que não aparece como tal porque é quase universalmente aceita e admitida como normal.

Admitimos tacitamente que a realidade com a qual concordamos que o nome de família, e que nós colocamos na categoria de famílias verdadeiras, é uma família real. Assim, se podemos admitir, que a família é um princípio da construção da realidade social. É preciso lembrar, que este princípio de construção foi socialmente construído e que é comum a todos os agentes que foram socializados de uma certa forma. (Bourdieu, 1962).

A família é um princípio de construção, ao mesmo tempo imanente aos indivíduos (como coletivo incorporado) e transcendente em relação a eles, uma vez que reencontro na forma de objetividade em todos os outros. Inscritos ao mesmo tempo na objetividade das estruturas social e na subjetividade das estruturas mentais objetivamente orquestradas. Apresentar uma experiência com a opacidade e resistência das coisas, mesmo que sejam o produto de atos de construção que, como algumas críticas sugerem, devolve-os em aparência.

Assim, a família como categoria social objetiva (estrutura estruturante) é a fundação da família como uma categoria social subjetiva (estrutura estruturada). Uma categoria mental que é o início de milhares de representações e ações (casamentos, por exemplo,) que contribuem para reproduzir a categoria social objetiva. Este é o círculo da reprodução da ordem social.

O acordo quase perfeito que estabelece então entre as categorias subjetivas e as objetivas uma experiência fundamental do mundo como evidente, dado como certo. E nada parece mais natural do que família: essa construção social arbitrária parece estar do lado do natural e do universal. Se a família aparece como a mais natural das categorias sociais, e se parece destinado por isso a ser o modelo de todos os corpos sociais, deve-se ao fato da categoria das funções familiares.

Nos hábitos como esquema e princípio classificatório de construção do mundo social e da família como um corpo social particular, que adquire dentro de uma família como uma ficção social realizada. Na verdade, a família é o produto de um verdadeiro trabalho institucional, ritual e técnico, com o objetivo de se estabelecer de forma duradoura, em cada um dos integrantes da unidade instituído, sentimentos adequados para garantir a integração, que é a condição da existência e persistência desta unidade.

Os ritos da instituição (um termo que deriva do olhar (para sustentar, para ser estável), eles são direcionados para constituir a família como uma entidade unida, integrada, unitária, portanto estável, constante, indiferente às flutuações de sentimentos individuais. E aqueles atos inaugurais da criação (imposição do sobrenome, casamento, etc.) encontram sua extensão lógica nos inúmeros atos de reafirmação e reforço destinados a produzir, por um tipo de criação contínua, afetos obrigatórios e obrigações afetivas do sentimento familiar (amor conjugal, amor paterno e materno, amor filial, amor fraterno. (BOURDIEU, 1962).

Para entender como a família passa de uma ficção nominal para tornar-se um verdadeiro grupo, cujos membros estão unidos por laços intensos afetiva, é preciso considerar todo o trabalho simbólico e prático que visa transformar a obrigação de amar em uma disposição amorosa e dotar cada um dos membros da família de um "espírito de família". (Bourdieu, 1962).

Esse é gerador de devoções, generosidade, solidariedade (existem também as inúmeras trocas contínuas e ordinário da vida diária, trocas de presentes, serviços, ajudas, visitas, atenções, cortesias, etc., bem como as trocas extraordinárias e cerimônias solenes de festas familiares - frequentemente sancionadas e eternizadas por meios de fotografias que consagrem a integração da família reunida).

Este trabalho de integração é ainda mais essencial do que a família, se deve, para existir e subsistir, afirmar-se como um corpo, sempre tende a funcionar como um campo, com suas relações de coerção física, econômica e sobretudo simbólica. Esta pode estar ligada, por exemplo, ao volume e estrutura de capital de propriedade de membros diferentes e as suas lutas pela conservação ou transformação destas relações coercitivas.

Mas a naturalização do arbitrário social tem o efeito de fazer esquecer que para que essa realidade que se chama família seja possível. É preciso atender a condições sociais que nada têm de universal e que, em qualquer caso, não eles são distribuídos uniformemente.

Em suma, a família, em sua definição legítima, é um privilégio instituído em norma universal. Privilégio que de fato implica em um privilégio simbólico: o de ser como deve, na norma e, portanto, ter um

benefício simbólico da normalidade. Aqueles que têm o privilégio de ter uma família típica está em posição de exigir-lo de todos, sem levantar a questão de condições universalização do acesso ao que eles exigem universalmente. (Bourdieu, 1962).

Este privilégio é, de fato, uma das principais condições da acumulação e transmissão de privilégios, econômicos, culturais, simbólicos. Sobre esse efeito, a família desempenha um papel determinante na manutenção da ordem social, na reprodução, não apenas biológica, mas social, ou seja, na reprodução da estrutura do espaço e relações sociais.

É um dos lugares por excelência da acumulação de capital em suas diferentes espécies e de sua transmissão entre gerações: ela preserva sua unidade por e para a transmissão, a fim de poder transmitir, e porque está na medida em que transmite. Ela é o principal "sujeito" das estratégias de melhoramento.

Isso se vê, por exemplo, na transmissão do sobrenome, que é literalmente o nome de família, um elemento primordial da capital simbólica hereditário: o pai nada mais é do que o sujeito aparente do nome de seu filho. Uma vez que ele o nomeia de acordo com um princípio que ele não domina e, ao transmitir seu próprio sobrenome (o sobrenome do pai), transmite uma *auctoritas* da qual ele não é o *auctor*, e de acordo com uma regra que ele não criou.

O mais importante é a família, seja na escolha de uma escola ou de comprar uma casa. Por exemplo, no caso de habitação, as decisões da compra de imóveis geralmente mobilizam grande parte da linhagem (para por exemplo, os parentes de um ou outro dos cônjuges que emprestam dinheiro, e quem, como contrapartida, aconselham e influenciam a decisão econômica.)

É verdade que, em nesse caso, a família atua como uma espécie de "sujeito coletivo", segundo uma definição comum, e não como um simples agregado de indivíduos. Mas este não é o único caso em que a família é o reino de uma espécie de desejo transcendente que se manifesta em decisões coletivas, onde seus membros se sentem levados a agir como partes de um corpo unido.

Ou seja, todas as famílias, e dentro da mesma família, todos membros, não têm a mesma capacidade ou a mesma propensão para se conformar à definição dominante. Como visto de forma particularmente clara no caso de sociedades, onde o desejo de perpetuar a casa como um conjunto dos bens materiais norteia toda a existência. A tendência da família para perpetuar-se sendo, para perpetuar sua existência garantindo sua integração, é indissociável da tendência de seguir com a sua integridade do seu patrimônio, sempre ameaçado de dilapidação ou dispersão.

As forças que impulsionam a fusão, em particular, os dispositivos éticos que levam a identificar os interesses particulares dos indivíduos com os interesses coletivos da família, devem levar em consideração as forças de fissão. Ou seja, os interesses dos diferentes membros do grupo, mais ou menos inclinado a aceitar a visão comum e ainda capazes de impor seu ponto de vista "egoísta".

Condição de levar em consideração a estrutura das relações coercitivas entre os membros do grupo familiar funcionando como um campo, como uma estrutura que está sempre presente nas lutas no doméstico. Mas o funcionamento da unidade doméstica como campo encontra seu limite nos efeitos da dominação masculina voltados para a família para a lógica do corpo (a integração pode ser um efeito de dominação).

Uma das propriedades do dominante: ter famílias particularmente extensas e particularmente integrados. Se unem pelos laços de solidariedade, isto é, tanto para capital quanto para capital social, quanto o capital econômico. É claro, de fato, que nas sociedades modernas os principais responsáveis da construção de categorias oficiais de acordo com as quais estas são estruturadas sociedades.

As populações e espíritos são organizadas pelo Estado, que por meio de um todo trabalho de codificação acompanhado de efeitos econômicos e sociais muito reais (como abonos de família) acaba favorecendo uma certa forma de organização família, para reforçar aqueles que são capazes de se conformar com este modo de organização e estimular por todos os meios, materiais e simbólicos, o "conformismo lógico" e a "conformidade moral".

Como um acordo sobre um sistema de formas de apreensão e construção do mundo, no qual esta forma de organização, é categoria e certamente uma chave mestra. Colocando em ação sem exame prévio de um pensamento de Estado, isto é, as categorias de pensamento do bom senso instilado pela ação do estado, estatísticos do estado contribuem reproduzir o pensamento estatista que faz parte das condições de funcionamento da família, essa realidade que se diz privada, de origem pública.

E o mesmo pode ser dito daqueles magistrados ou assistentes sociais que, muito espontaneamente, quando desejam prever os prováveis efeitos de uma sanção ou isenção de punição, ou mesmo avaliar a importância da punição atribuída a um jovem infrator, leve em consideração um certo número de indicadores de acordo com a ideia oficial familiar.

A visão pública (o nomos, no sentido, desta vez, de lei) é profundamente engajado em nossa visão das coisas domésticas, e ainda nossos comportamentos mais privados dependem de ações públicas, como política habitação, ou mais diretamente, política familiar.

Desta forma, a família é certamente uma ficção, um artefato social, uma ilusão no sentido mais vulgar do termo, mas uma "ilusão bem fundada" porque, produzida e reproduzida com a garantia do Estado, recebe do Estado, a todo o tempo, os meios de existir e subsistir.

2.4 AGRICULTURA FAMILIAR NO CONTEXTO BRASILEIRO

No contexto brasileiro, o primeiro indício de Agricultura Familiar surgiu no Nordeste, ainda no século XVI, marcada profundamente pelas origens coloniais da economia e da sociedade brasileira da época. Em se tratando do caso do Brasil, Wanderley apresenta considerações que o agricultor familiar, ainda que moderno inserido ao mercado econômico, infere-se que: [...] guarda ainda muitos de seus traços camponeses, tanto porque ainda tem que enfrentar os velhos problemas, nunca resolvidos, como porque, fragilizado, nas condições da modernização brasileira, continua a contar, na maioria dos casos, com suas próprias forças” (WANDERLEY, 1999, p 52).

Depreende-se desse contexto, que a agricultura familiar brasileira foi marcada profundamente pelas origens coloniais, questões culturais como a vida dos camponeses e sua influência no funcionamento das unidades familiares de produção que permanecem até os dias atuais. Na contemporaneidade, percebe-se uma ressignificação do conceito de rural, uma vez que a realidade a que se refere está passando por mudanças significativas. Destacando-se os seus vínculos como crescentes, a partir das trocas de bens, serviços e trabalho com setores urbanos.

Além disso, existe uma dissociação entre o rural e agrícola, uma diminuição em população empregada na agricultura, o aumento do emprego rural não agrícola e a participação feminina no trabalho que trazem as mutações na vida diária e familiar. Do ponto de vista teórico, a conceituação em torno da “nova ruralidade” visa dar conta dessa nova realidade, poli funcional e mais heterogênea, social e produtiva que a ruralidade tradicional (TEUBAL, 2001; GÓMES, 2002; PÉREZ, 2005; FAWAZ, 2007).

Embora a zona rural cumpra funções econômicas, sociais e ambientais para toda a sociedade, deve ser funcional também aos sujeitos que a sustentam. Portanto, a sustentabilidade dos espaços rurais refere-se à qualidade de vida da sua população, pressupondo questões como pobreza e equidade.

Assim, o conceito de qualidade de vida, entendida como a satisfação das necessidades dos habitantes de um determinado espaço é parte fundamental do desenvolvimento sustentável. Incorporando componentes como expectativa de vida, educação, acesso a serviços básicos, habitação, saúde, emprego, renda, capital social e participação. Até mesmo variáveis psicossociais para incorporar a percepção da comunidade e das pessoas (Sepúlveda et al., 2008, PNUD, 2008, Olave e Fawaz, 2008).

Estudos recentes argumentam que o desenvolvimento rural na América Latina deve assumir uma abordagem territorial e visa resolver as situações de pobreza e desigualdade para alcançar a sustentabilidade. Esta nova visão de desenvolvimento na área rural sustentável a concebe como um processo produtivo, social e estabelecimento institucional em uma determinada área rural, principalmente voltada para a redução da pobreza rural.

Portanto, um setor agrícola mais dinâmico e inclusivo poderia reduzir drasticamente a pobreza rural e ajudaria os países alcançar o objetivo de desenvolvimento do Milênio de redução da pobreza da fome. Na verdade, as estimativas econométricas entre os países mostram que o crescimento do PIB global teve origem na agricultura é, em média, pelo menos duas vezes mais eficaz em que beneficiam a metade mais pobre da população de um país, do que o crescimento gerado por setores não agrícolas.

Unindo os pequenos produtores aos mercados dinâmicos oferece uma oportunidade para reduzir a pobreza mais rápido, garantindo que os produtos sejam gerados comercialmente viável que ajuda pequenos produtores para enfrentar os desafios estruturais de seu ambiente.

Porém, essa ligação também enfrenta grandes desafios. Pois o investimento significa que os produtores de pequena escala em países de baixa e média renda, muitas vezes operem com uma infraestrutura inadequada (em termos de estradas, eletricidade, irrigação e condições de mercado), eles têm muito poucas oportunidades de desenvolver habilidades, falta acesso a serviços (treinamento, crédito, insumos) e são altamente dependentes das condições climáticas. Conforme a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2018.

Dependência dos recursos naturais e dos processos biológicos confere maior rigidez ao processo produtivo e menor flexibilidade em decorrência de alterações de mercados ou na economia e, conseqüentemente, maiores riscos às atividades agrícolas. Aos riscos climáticos e de produção (bióticos), somam-se os riscos relacionados à gestão, ao mercado e ao ambiente institucional. Isso faz com que os gestores das atividades agrícolas precisem monitorar constantemente os riscos associados à agricultura, para que possam geri-los de maneira integrada, utilizando-se de adequadas estratégias e ferramentas inovadoras (EMBRAPA, 2018).

É apreciado hoje que a agricultura moderna e capitalizada coexiste cada vez mais com formas de produção mais tradicional, que ainda prevalece na agricultura familiar, apresentando situações de assimetria social e territorial, e até novos critérios de diferenciação entre pequenos produtores.

Na verdade, alguns segmentos têm sido capazes de inovar e se adaptar às oportunidades que se abrem, desde que outros permaneçam como produtores de subsistência, sejam assalariados,

emigrem ou desenvolvem estratégias de trabalho pluralmente ativas. Assim, reconhece-se que a sustentabilidade da pequena produção agrícola tem a ver com sua capacidade de se adaptar a novas condições e gerar a renda necessária à reprodução da família e da unidade produtiva (ODEPA, 2005; FAWAZ, 2007; GORE, 2010).

Isso significa investimento, inovação e novas formas de gestão e na sua implantação a partir de programas de desenvolvimento produtivo do Estado, municípios e do agronegócio.

Todos esses desempenham um papel central, ao aproximar as informações de mercado, inovação e capacitação para produtores. A vida privada e familiar também é transformada com a modernização da sociedade e, acompanhada da questão da equidade de gênero. Essa relação é vista com cada vez mais frequência no mundo contemporâneo, como também especificamente no grupo composto pela agricultura familiar.

Dados esses desafios e os altos custos de recrutamento associados a uma coleta, classificação e agrupamento de volumes de produtores dispersos, os compradores confiaram mais na solidez dos grandes produtores. No entanto, os mercados deixaram de ser impulsionados pelo comprador e será limitado pela oferta, ou seja, a disponibilidade de produtos. Em uma era de escassez e limitações de abastecimento em recursos naturais.

De fato, nas últimas décadas ocorreram mudanças visíveis na situação de mulheres, ao adquirirem os seus direitos civis, sociais e políticos. Além das transformações significativas trazidas na dinâmica familiar e as visões sobre o papel de mulheres e dos homens na vida privada e na sociedade. Esses fatores, demonstraram uma reprodução das desigualdades de gênero. Na esfera privada, a família tradicional desempenhou um papel na legitimação, como Bourdieu aponta, um certo divisão sexual do trabalho.

O trabalho doméstico produtivo faz parte do seu trabalho reprodutivo regular, aquele que não foi socialmente ou economicamente reconhecido como trabalho produtivo. Essas permanecem invisíveis como tal no nível familiar, mesmo diante deles próprios e nas estatísticas. Consequentemente, esta dimensão aparece como relevantes para avaliar a sustentabilidade dos espaços rurais no contexto da nova ruralidade.

Este último tem uma especificidade particular no mundo rural, na medida em que o as mulheres realizam trabalhos produtivos tanto na esfera privada como na pública. Outras instituições, agentes e campos (institucionais, educacionais, religiosos) têm contribuído a esfera pública, de diferentes

maneiras em tempos diferentes, para manter essa visão. Um papel central tem sido desempenhado pelo Estado e pelas políticas que vem implementando (BOURDIEU, 2002; VALDÉS, 2007).

Considerando que os atores locais têm capacidade para serem participantes ativos e não simples beneficiários deste processo. Assim, a participação constitui um meio para através do qual a população local exerce influência e controle sobre as decisões que afetam. Os grupos desfavorecidos se mobilizam em busca das suas demandas. É tratado assim, de um empoderamento de atores e comunidades locais, mesmo em um contexto social que é orientado para um aprofundamento das conexões globais (MORRISSEY, 2000).

Os meios de subsistência são a capacidade de adquirir diversas atividades de subsistência e são denominados como: capital humano, capital natural, físico, social e financeiro, podendo ser individual ou coletivo (DONOVA; POOLE, 2014). Além de permitir que os agricultores tenham estratégias para ganhar melhores estilos de vida, como mais renda, aumento do bem-estar, redução da vulnerabilidade, entre outros (SOINI, 2005; MENDÉN *et al.*, 2010).

De acordo com Katlyn *et al.* (2013), para avaliar os meios de subsistência, o contexto social, cultural e político deve ser levado em consideração, enfatizando as políticas globais e locais, a globalização, as redes de mercado e os desafios ambientais.

O termo sustentabilidade dos meios de subsistência geralmente se refere à resiliência dos agricultores e a choques ou tensões ambientais, econômicas e sociais (KATLYN *et al.*, 2013). A diversificação dos meios de subsistência está relacionada a estratégias de como as populações rurais podem gerenciar riscos, manter a resiliência, enfrentar e se adaptar ao estresse ou choques.

A economia rural se diversifica com o surgimento de atividades agroindustrial. Com empresas alimentícias vinculadas à residência como a elaboração de compotas, conservas entre outros, processos de extração de recursos naturais, oferecer e cuidar de tais recursos, elaboração de artesanato; serviços relacionados com o turismo e entretenimento, instalação de indústrias de manufatura, serviços e comércio etc. (Grajales *et al.*, 2006, p. 38).

Por sua vez, o precedente faz com que as fontes da renda familiar, ou seja, a pluriatividade no emprego tenha uma evolução. O trabalho assalariado cresce tanto para a agricultura quanto para terceiros com essas atividades. Boa parte dessa oferta de trabalho não é muito especializada e de baixa remuneração.

Os fluxos crescentes de trabalhadores migrantes são gerados, pois muitos dos que foram deslocados das suas atividades tradicionais em seus locais de origem, em decorrência da própria reestruturação econômica. Este trabalho geralmente chega em condições altamente vulneráveis.

As migrações ocorrem em diferentes sentidos, pois também os habitantes das comunidades rurais migram de forma pendular, temporária ou permanente para áreas urbanas ou outras áreas rurais e vice-versa. A paisagem rural é reavaliada e isso provoca um fluxo crescente de turistas no meio urbano. No entanto, isso só acontece para determinados territórios que têm paisagens “atrativas”, enquanto para a maioria há abandono de investimento privado e às vezes até público.

Os grandes investimentos são feitos para construir residências para ambos na migração permanente como para casas de fim de semana. Vários dos pontos acima dão origem a graves impactos ambientais e a paisagem, devido ao desmatamento.

A introdução de plantas de maior apelo comercial e a expansão da agricultura protegida, com a abertura de minas, a construção de infraestrutura, empreendimentos turísticos e áreas para esse lugar.

Há um processo crescente de polarização social nas comunidades das áreas rurais, principalmente devido ao deslocamento dos pequenos produtores que não podem competir em cadeias comerciais. De acordo com a Emprap, 2018, na publicação, Visão 2030: O Futuro da Agricultura Brasileira.

Nas décadas de 1960 e 1970, o Brasil vivia processos de industrialização e urbanização e de forte crescimento econômico, que, contudo, não encontravam correspondência no setor agrícola do País, caracterizado então por baixa produtividade. Parte considerável do abastecimento interno de alimentos provinha das importações. Por falta de tecnologia adaptada à produção tropical, os cerrados eram áreas marginais na produção agrícola. A migração rural-urbana se intensificava de maneira impressionante, fruto da imensa pobreza rural nacional (EMBRAPA, 2018).

Contudo, de forma histórica a exclusão no acesso ao imóvel para residentes de baixa renda, como resultado do aumento no custo da terra. A ruralidade globalizada tornou-se um campo de lutas, tanto pelas ações de resistência dos habitantes às imposições globais, bem como pelos confrontos entre grupos com diferentes interesses e visões da natureza.

O território rural surge como novo objeto de estudo, antes ignorados, com a questão ambiental, étnica ou de gênero. Em questões ambientais, discursos relacionados à defesa da natureza, embora muitas delas tenham os seus próprios fins comerciais. Tais dimensões estruturais não podem ser analisadas à

luz do pórtico analítico e conceitual usado na sociologia rural tradicional, que privilegia o uso de dualidades para marcar claramente a diferença entre o espaço rural e o urbano.

Por esse motivo, desde a década de 1990, novos conceitos como a multifuncionalidade da agricultura na Europa, ou a nova ruralidade na América Latina, cujo objetivo é dar conta dessa diferença e da complexa relação que hoje é vivido em pequenas comunidades. Para ter uma visão mais específica os fenômenos que os caracterizam, segundo Carton de Grammont (2008).

Segundo Cristóbal Kay (2009), o conceito da nova ruralidade remete a principalmente a quatro grandes transformações no mundo rural a partir de 4 marcos. O primeiro, seria o desenvolvimento de atividades produtivas fora do talhão ou fazenda, o aumento da flexibilidade e a feminização do trabalho rural, a crescente interação entre as áreas rurais e o urbano, e a importância da migração temporária, pendular e definitiva.

Todos esses elementos, que já existem há muito tempo, mas que agora se intensificaram, geram as novas oportunidades para moradores rurais. Mas também áreas sem precedentes de vulnerabilidades iguais ou mais graves do que as que existiam no passado. Isso exige uma maneira diferente de analisar fenômenos rurais e responder a eles.

O conceito de nova ruralidade tem sido alvo de críticas, visto que se discute se os fenômenos que são experimentados hoje são realmente novos ou se são problemas antigos que foram ignorados (RIELLA; ROMERO, 2003). Também é notado que é um conceito que nunca foi desenvolvido de forma sistemática e rigorosa, e mesmo que tenha sido abusado para promover a legitimidade de certas ações.

Quanto à primeira crítica, esta é irrelevante, pois o importante é não discutir a novidade ou não das condições atuais no campo, mas enfatizando que, no quadro da globalização econômica, a explicação dicotômica rural-urbana, onde rural é entendido como espaço de produção agrícola e urbano como espaço da indústria e dos serviços, não tem mais valor explicativo para García Bartolomé, (1996).

Além de enfatizar a presença de um “novo” mundo rural alheio ao que aconteceu no passado, a nova ruralidade destaca que os fenômenos que hoje caracterizam a vida em pequenas comunidades são tão complexos que não podem mais ser estudados segundo visões reducionistas. Já que estas estudam o agrário a partir de um ponto de vista setorial ou pretendem estudar os fenômenos separando suas partes.

Pelo contrário, com o conceito de nova ruralidade o que se pretende é ter uma visão mais ampla que investiga o rural como um todo e de uma perspectiva territorial (Pérez e Farah, 2006; Friedland, 2002). De modo a enfatizar a multifuncionalidade dos espaços rurais e a inter-relação existente entre as áreas rurais e urbano e entre o local e o global para Llambí, (2004).

Uma perspectiva que igualmente destacam a enorme heterogeneidade de atores e situações que são vivenciadas no campo, a importância dos recursos naturais, sua crise atual, bem como o papel dos recursos naturais da população rural e o seu uso, manejo e conservação (PÉREZ; FARAH, 2006).

Por fim, a riqueza e heterogeneidade dos fenômenos que hoje caracterizam vida rural faz técnicas de pesquisa exclusivamente quantitativas não são suficientes para ver e compreender tudo o que está acontecendo.

Nesse sentido, a política pública de maior importância para o cenário agrícola brasileiro, tem sido o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF) criado em 1995 pelo decreto nº 2.191 e, em 1996 foi instituído pelo decreto 1.946, voltado para a linha de crédito, visando o financiamento da produção e investimentos, e desde então vem se consolidando como a mais importante ferramenta da Política Pública visando o segmento da Agricultura familiar.

Existem vários programas envolvendo o PRONAF, entre eles podemos citar: - PRONAF – AGROINDÚSTRIA: Linha para o financiamento de investimentos, inclusive em infraestrutura, que visam o beneficiamento, o processamento e a comercialização da produção agropecuária e não agropecuária, de produtos florestais e do extrativismo, ou de produtos artesanais e a exploração de turismo rural. - PRONAF AGROECOLOGIA: Linha para o financiamento de investimentos dos sistemas de produção agroecológicos ou orgânicos, incluindo-se os custos relativos à implantação e manutenção do empreendimento. - PRONAF ECO: Linha para o financiamento de investimentos em técnicas que minimizam o impacto da atividade rural ao meio ambiente, bem como permitam ao agricultor melhor convívio com o bioma em que sua propriedade está inserida. - PRONAF – FLORESTA: Financiamento de investimentos em projetos para sistemas agroflorestais; exploração extrativista ecologicamente sustentável, plano de manejo florestal, recomposição e manutenção de áreas de preservação permanente e reserva legal e recuperação de áreas degradadas.

PRONAF - SEMIÁRIDO: Linha para o financiamento de investimentos em projetos de convivência com o semiárido, focados na sustentabilidade dos agroecossistemas, 21 priorizando infraestrutura hídrica e implantação, ampliação, recuperação ou modernização das demais infraestruturas, inclusive aquelas

relacionadas com projetos de produção e serviços agropecuários e não agropecuários, de acordo com a realidade das famílias agricultoras da região Semiárida.

PRONAF – SUSTENTÁVEL: Trata-se de um Programa do Governo Federal voltado para a agricultura familiar, com o objetivo de tratar a propriedade rural como um todo, orientando, coordenando e monitorando a implantação de financiamentos, levando em conta fatores sociais, econômicos e ambientais com respeito às especialidades locais.

PRONAF MAIS ALIMENTOS – Investimento: Destinado ao financiamento da implantação, ampliação ou modernização da infraestrutura de produção e serviços, agropecuários ou não agropecuários, no estabelecimento rural ou em áreas comunitárias rurais próximas. Existem também as linhas de Microcrédito Rural, que é destinado aos agricultores de baixa renda, que permite o financiamento das atividades agropecuárias e não agropecuárias, podendo os créditos cobrir qualquer demanda que possa gerar renda para a família atendida. Foi criado em 2000, no âmbito do PRONAF, com a finalidade de combater a pobreza rural, viabilizando o potencial produtivo deste público, permitindo estruturar e diversificar a unidade produtiva. A operacionalização do Microcrédito Rural é feita com recursos do Tesouro Nacional e dos Fundos Constitucionais do Norte, Nordeste e Centro-Oeste. Oferece bônus de adimplência sobre cada parcela da dívida paga até a data de seu vencimento. Além de ser ofertado com taxa de juros de 0,5% ao ano e ter prazo de reembolso de até dois anos para cada financiamento.

A agricultura familiar responde por sete de cada dez empregos no campo e por cerca de 40% da produção agrícola, favorecendo o emprego de práticas produtivas e ecológicamente mais equilibradas, como a diversificação de cultivos, o menor uso de insumos industriais e a preservação do patrimônio genético. Em 2009, cerca de 60% dos alimentos que compuseram a cesta alimentar originaram-se da agricultura familiar, graças aos diversos programas criados para fortalecer esta classe.

3 METODOLOGIA

Os dados secundários utilizados para analisar e retratar as características socioeconômicas da agricultura familiar no Norte e Nordeste do Brasil são provenientes do último Censo Agropecuário realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, bem como demonstrar sua importância para o desenvolvimento rural regional.

É pertinente registrar que há grande heterogeneidade interna entre os tipos de agricultores que formam o universo da agricultura familiar, conforme tem sido destacado pela literatura especializada

(ABRAMOVAY; WANDERLEY; FANFANI, 2009, GÓMES, 2002; PRONAF, 1996; PAA, 2003; EMBRAPA, 2018, BOURDIEU, 1962; CASTELLS, 1998; VALDÉS, 2007; FARAH 2008).

O estudo acerca da agricultura familiar e a sua contribuição para o setor econômico e social, partindo do pressuposto que a temática vem despertando crescente interesse para estudantes e pesquisadores destas áreas no Brasil, em diferentes momentos. Bem como a sua trajetória e ao tentar realizar uma ligação das ideias de Bourdieu com diversos autores ao enfatizarem em suas análises a natureza, as especificidades e os fundamentos da agricultura familiar.

Conclui-se que os modelos de determinação de renda podem contribuir para a formulação de políticas econômicas, visto que apontam quais fatores influenciam no processo de geração de renda. A metodologia utilizada na análise desta pesquisa, consiste na criação de políticas públicas como determinação de renda para os agricultores familiares, na qual as informações foram introduzidas conforme a divulgação dos órgãos como a EMBRAPA, PRONAF e PAA nos sites do governo junto as pesquisas já realizadas sobre o tema, nos últimos dez anos.

Logo, este estudo se limita a fazer estimativa a análise da importância da agricultura familiar para o desenvolvimento econômico local e regional. A utilização da metodologia se justifica a partir do entendimento de que a identificação dos fatores que influenciam o processo de geração de renda na agricultura familiar pode auxiliar na proposição de políticas públicas voltadas ao desenvolvimento dessa categoria.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Na tentativa de fortalecer a agricultura familiar, o Governo tem ampliado uma série de programas, com o objetivo de melhorar a vida de muitas famílias que vivem no campo, dando a eles a oportunidade de inserir no mercado os produtos que produzem. Como podemos verificar os programas elencados abaixo:

O Programa de Aquisição de Alimentos (PAA), criado em 2003, para colaborar com o enfrentamento da fome e da pobreza no Brasil e ao mesmo tempo, fortalecer a agricultura familiar. Parte dos alimentos é adquirida pelo governo diretamente dos agricultores familiares, assentados da reforma agrária, comunidades indígenas e demais povos e comunidades tradicionais, para a formação de estoques estratégicos e distribuição à população em maior vulnerabilidade social. Os produtos destinados à doação são oferecidos para entidades da rede socioassistencial, nos restaurantes

populares, bancos de alimentos e cozinhas comunitárias e ainda para cestas de alimentos distribuídas pelo Governo Federal.

O Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), por meio da lei 11.947/2009, a agricultura familiar passa também a fornecer gêneros alimentícios a serem servidos nas escolas da Rede Pública de Ensino. Para quem produz alimentos, a iniciativa contribui para que a agricultura familiar se organize cada vez mais e qualifique suas ações comerciais. Para quem adquire esses produtos, o resultado desse avanço é mais qualidade da alimentação a serem servidas, manutenção e apropriação de hábitos alimentares saudáveis e maior desenvolvimento local de forma sustentável.

O Programa Nacional de Habitação Rural (PNHR), componente do Programa Minha Casa Minha Vida, com o objetivo de reduzir o déficit habitacional rural, incentivando a manutenção da família no campo e oferecendo moradia digna por meio de reforma ou da construção de novas moradias. As Unidades Habitacionais deverão atender as condições mínimas estabelecidas pelo 23 Programa, garantindo qualidade, soluções de água, esgoto, iluminação, segurança e habitabilidade. Podem-se beneficiar com o PNHR, os produtores rurais familiares com Renda Bruta Anual Familiar de até R\$ 60 mil. Para serem considerados beneficiários, devem garantir o cumprimento de todas as exigências do Programa e do apoio das Entidades Organizadoras, como as de seu município.

São de bastante relevância as linhas de créditos, assim como os programas disponibilizados pelo Governo Federal, com o objetivo de fortalecer a agricultura familiar, dando uma vida mais digna ao agricultor rural, como os programas citados acima.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo buscou analisar a importância da agricultura brasileira, uma temática de suma importância no processo de desenvolvimento regional. Os agricultores familiares de economia familiar, produzem a maioria dos alimentos que são consumidos, gera emprego e renda em suas propriedades. No entanto, vale ressaltar que o setor necessita de incentivos, de recursos financeiros, da assistência técnica, de programas e políticas públicas.

Então, é indispensável o fortalecimento e desenvolvimento de políticas públicas, que necessitam contar com o apoio dos movimentos sindicais, de associações, de cooperativas. Um processo que necessita de um planejamento em médio e longo prazo, não só das políticas públicas, mas também, dos agricultores ao buscar novos conhecimentos científicos e tecnológico para a qualificar o processo produtivo.

Portanto, ao associar o processo de produção da agricultura familiar desenvolvido ao longo dos anos, de certa forma dialoga com os preceitos estabelecidos por Pierre Bourdieu, ao descrever a família. Um caminhar que contempla os laços familiares, os quais desenvolvem a força de trabalho produtiva em suas respectivas propriedades rurais. Um andar que permite demonstrar as evidências empíricas, dos grandes desafios que as famílias rurais encontram para avançar e conquistar melhorias produtivas, conquistar o bem-estar, um processo que necessita do fortalecimento no processo de participação social, das contribuições do capital social, das organizações locais, como fatores que podem mobilizar recursos e alianças estratégicas.

Assim, a contribuição dos agricultores para a definição, priorização e solução de seus problemas é fundamental a adoção de estratégias adequadas à realidade local, assumindo um compromisso com o desenvolvimento local e avaliando o impacto das políticas de desenvolvimento, segundo Fawaz e Vallejos (2008), Loewy, (2008). Portanto, o ambiente na agricultura familiar necessita de gestão, de processos inovativos, a busca de novos nichos de mercado, uma atenção especial para com as questões ambientais, na busca da sustentabilidade. Um caminhar que necessita das políticas públicas, da participação de organizações, associativista/cooperativistas, sindicais para fortalecer as famílias que constituem a agricultura familiar.

REFERÊNCIAS

ABRAMOVAY, R. Paradigmas do Capitalismo Agrário em Questão. São Paulo: HUCITEC, 1992.

AGRICULTURA FAMILIAR <> - Acessado em 13 .outubro.2022

BERDEQUÉ, J.A., y SCHEITMAN, A. La desigualdad y la pobreza como desafíos para el desarrollo rural. Santiago de Chile: Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural, RIMISP, 2007.

BOURDIEU, P. Razones prácticas. Sobre la teoría de la acción. Barcelona: Anagrama, 2000

BOURDIEU, P. Célibat et condition paysanne, Rural Etudes -Les Strategies matrimoniales dans le systeme des Strategies de reprodução ", Annales, 4-5, julho-outubro de 1972.

BRASIL. Lei n. 11.326, de 24 de julho de 2006. Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ano 143, n. 141, p. 1-2, 25 jul. 2006. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11326.htm. Acesso em: out. 2022.

CARTON, de G. H. El concepto de nueva ruralidad. En: E. Pérez, M. A. Farah y H. Carton de Grammont (Comps.), La nueva ruralidad en América Latina. Avances teóricos y evidencias empíricas (pp. 23-44). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, Clacso. 2008.

CASTELL, M. La era de la información. Economía, sociedad y cultura. Madrid: Alianza Editorial, 1999.

CHIAPPE, M., B. G. F., DOGLIOTTI MORO, S. Indicadores sociales para la evaluación de la sustentabilidad de sistemas de producción familiares intensivos. En: Tolón Becerra, A., y Lastra Bravo, X. (Eds.). Actas del II Seminario Internacional de Cooperación y Desarrollo en Espacios Rurales Iberoamericanos. Sostenibilidad e indicadores (pp. 173-88). Almería, España: Universidad de Almería/AECID. 2008.

CHIRIBOGA, M. Innovación, conocimiento y desarrollo rural. Documento RIMISP, 2003. Recuperado el 21 de septiembre de 2009.

COOKE, B., KOTHARI, U. Participation: the new tyranny? London: Zed., 1998.

DANSE, M. y V. S. Small-scale Farmer Access to International Agri-food Chains. Greener Management International, 2005.

EMBRAPA. Disponível:

<http://www.embrapa.br/pt/web/portaipesquisa-e-desenvolvimento/portfolios>. Acessado em maio de 2022.

ELDERI, S.D.; ZERRIFFI, H.; BILLONET, L. P.. Is Fairtrade certification greening agricultural practices? An analysis of Fairtrade environmental standards in Rwanda. Journal of Rural Studies, 2013.

GÓMES, S. La "Nueva Ruralidad" ¿Qué tan nueva? Chile: Universidad Austral de Chile, Ediciones Ltda, 2002.

FARAH, M. A. Cambios en las relaciones de género en los territorios rurales: aportes teóricos para su análisis y algunas hipótesis. *Revista Cuadernos de Desarrollo Rural*, 5 (61), 2008.

FAWAZ, M. J., y SOTO, P. Familia rural en la región del Bío-Bío, Chile. Entre la continuidad y el cambio. En: Zicavo, N. (Comp.) *La familia en el siglo xxi* (pp. 153-70). Concepción, Chile: Ed. Univ. del Bío-Bío, 2007.

FRIEDLAND, W. H. Agriculture and Rurality: Beginning the "Final Separation"? *Rural Sociology*, 67(3), 2002

GALLOPIN, G. Los indicadores de desarrollo sostenible: aspectos conceptuales y metodológicos. Seminario de Expertos sobre Indicadores de Sostenibilidad en la formulación y seguimiento de políticas. Santiago de Chile: FAO-Fodepal (paper). 2006

GARCIA B. J. Los procesos rurales en el ámbito de la Unión Europea. En H. Carton de Grammont y H. Tejera (Coords.), *La sociedad rural mexicana frente al nuevo milenio* (Vol. II, pp. 35-68). México D. F.: INAH, UNAM, UAM, Plaza y Valdés, 1996

GÓMES, S. La "nueva" ruralidad". ¿Qué tan nueva? Santiago de Chile: LOM Ed. 2002.

GRAJALES, S., et. ál. Las construcciones teórico conceptuales sobre la nueva ruralidad. En M. Hernández González e I. Meza Huacuja (Coords.), *Nueva ruralidad. Enfoques y propuestas para América Latina* (pp. 29-69). México D. F.: Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria, 2006.

GUBRIUM J.F.; JAMES A. H. *What is Family?*, Mountain View, Cal., Mayfield, Publishing Co, 1990.

KATLY S.M.; MÉNDEZ, V.E.; OLSON, M.B. Los meses flacos': seasonal food insecurity in a Salvadoran organic coffee cooperative. *The Journal of Peasant Studies*, 40 (2), 2013.

LASTRA, X., TOLÓN, A., RAMÍREZ, M.. Metodologías para la caracterización de los sistemas de indicadores de sostenibilidad y análisis de su evolución. En: Tolón, A., y Lastra, X. (Eds.). *Actas del II Seminario Internacional de Cooperación y Desarrollo en espacios rurales iberoamericanos. Sostenibilidad e indicadores* (pp. 213-25). Almería, España: Universidad de Almería/AECID, 2008.

LLAMBÍ, L. Nueva ruralidad, multifuncionalidad de los espacios rurales y desarrollo local endógeno. En E. Pérez y M. A. Farah (Eds.), *Desarrollo rural y nueva ruralidad en América Latina y la Unión Europea* (pp. 91-107). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, 2004.

MENDÉN, V.E.; BACON, C.M.; OLSON, M.; PETCHERS, S.; HERRADOR, D.; CARRANZA, C.; TRUJILLO, L.; Guadarrama-Zugasti, C.; Córdón, A.; Mendoza, A. Effects of Fair Trade and organic certifications on small-scale coffee farmer households in Central America and Mexico. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 25 (3), 2010.

MORRISSEY, J. (2000). Indicators of citizen participation: lessons from learning teams in rural EZ/EC communities. *Community Development Journal*, 35 (1), 2000.

PÉREZ, E. Desafíos sociales de las transformaciones del mundo rural: nueva ruralidad y exclusión social. En: *Chile rural. Un desafío para el desarrollo humano* (pp. 17-32). Santiago: Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo/ Gobierno de Chile, 2005.

PÉREZÉ, E., y FARAH, M.A. Nueva ruralidad en Colombia. En M. Hernández González e I. Meza Huacuja (Coords.), Nueva ruralidad. Enfoques y propuestas para América Latina (pp. 77-126). México D. F.: Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria, 2006.

RIELLAi, A., R.. J. Nueva ruralidad y empleo no agrícola en Uruguay. En M. Bendini y N. Steimbregger (Coords.), Territorios y organización social en la agricultura (pp. 157-164). Buenos Aires: GESA-Editorial La Colmena, 2003.

SEPÚLVEDA, S., CHAVARRÍA, H., ROJAS, P., y B, M. Metodología para estimar el nivel de desarrollo sostenible en espacios territoriales. En: Sepúlveda, S. (Comp.). Biograma: metodología para estimar el nivel de desarrollo sostenible de territorios (pp. 23-46). Costa Rica: IICA, 2008.

SOINI E. 2005. Changing livelihoods on the slopes of Mt. Kilimanjaro, Tanzania: Challenges and opportunities in the Chagga homegarden system. Agroforestry Systems, 2005.

SPEELMAN E.N.; GROOT J.C.J.; GARCIA-BARRIOS, L.E.; KOK, K.; KEULEN v. H.; TITTONELLI, P. From coping to adaptation to economic and institutional change-Trajectories of change in land-use management and socialorganization in a Biosphere Reserve community, Mexico. Land Use Policy , 2014.

TEUBAL, M. Globalización y nueva ruralidad en América Latina. En: ¿Una nueva ruralidad en América Latina? Buenos Aires: Clacso, 2001.

VALDÉS, X. La vida en común. Familia y vida privada en Chile y el medio rural en la segunda mitad del siglo XX. Santiago: LOM/Usach,2007.

WOODS M. Engaging the Global Countryside: Globalization, Hybridity and The Reconstitution of Rural Place. Progress in Human Geography, 31(4), 2007.

WANDERLEY, Maria de Nazareth Baudel. Raízes Históricas do Campesinato Brasileiro. In: TEDESCO, João Carlos (org.). Agricultura Familiar Realidades e Perspectivas. 2 a. ed. Passo Fundo: EDIUPF, 1999. Cap. 1, p. 21-55.

Capítulo 2



10.37423/221206916

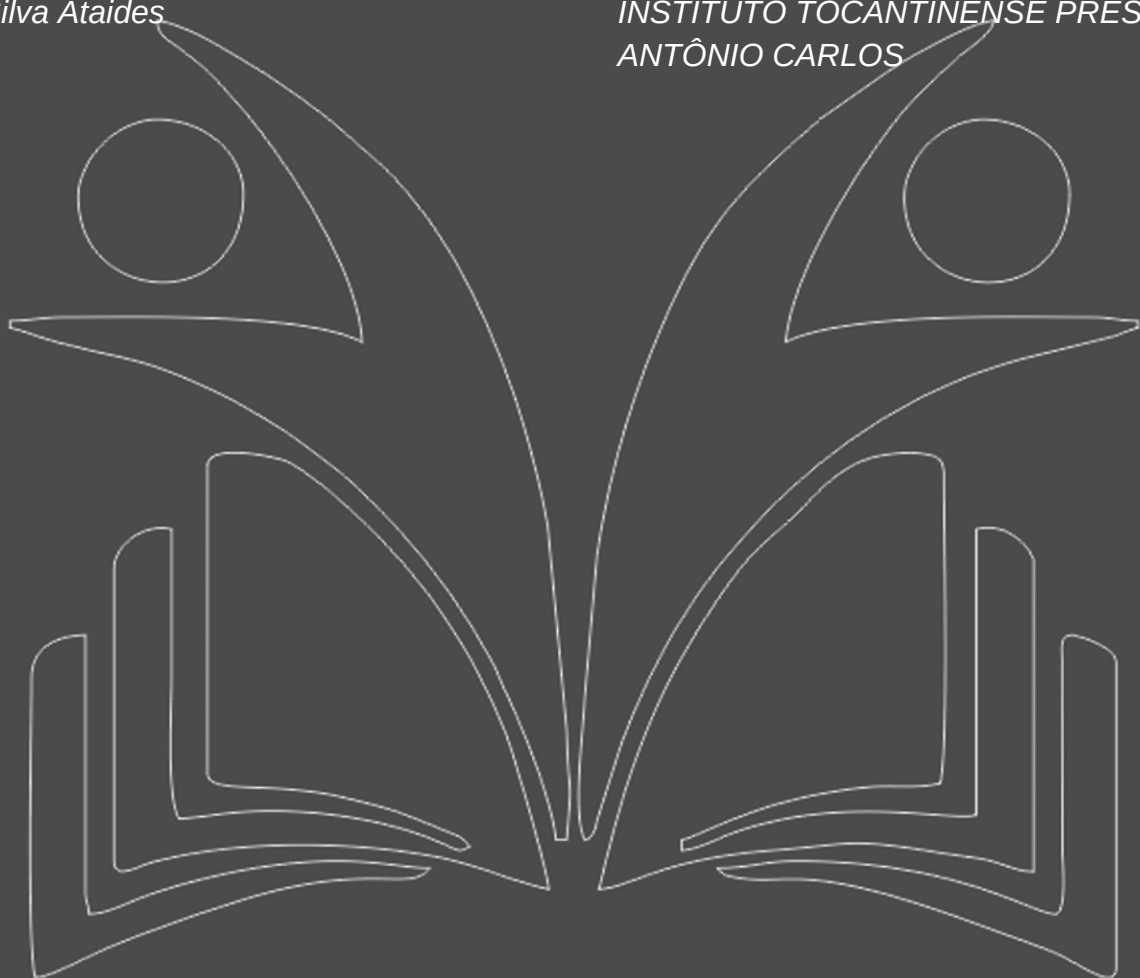
OSCILAÇÃO TÉRMICA NO RESERVATÓRIO DO LAJEADO, PARQUE AQUÍCOLA SUCUPIRA

Victor Gabriel Ribeiro

*INSTITUTO TOCANTINENSE PRESIDENTE
ANTÔNIO CARLOS*

Kétuly da Silva Ataides

*INSTITUTO TOCANTINENSE PRESIDENTE
ANTÔNIO CARLOS*



Resumo: O Tocantins tem se preparado para ser um estado com alta produção de peixe do Brasil, com forte ascensão nos últimos anos, é um dos estados brasileiros que cresce e desenvolve com o passar dos anos, e está sempre em busca de novas tecnologias e aprimoramento do meio. A produção de peixes no Tocantins se tornou uma das atividades com expansões e gerações de emprego. Esse artigo possui objetivo de avaliar a oscilação térmica e possíveis impactos na produção intensiva de peixes em tanque-rede no Parque Aquícola Sucupira, em Palmas – TO, utilizando uma sonda de monitoramento de temperatura e compartilhamento em tempo real durante 30 dias. A pesquisa ocorreu no Parque Aquícola Sucupira na cidade de Palmas – TO, onde foi introduzido uma sonda da empresa ar inovações, com 40 cm de profundidade, entre os meses de setembro e outubro de 2022. Diante dos resultados e discussões verificou-se que a temperatura do lago no período estudado varia entre 29,6°C a 32,5°C, o que possibilita a criação da maioria das espécies nativas brasileiras. Conclui-se que a temperatura da água atende aos padrões de crescimento e desenvolvimento dos peixes no Parque Aquícola Sucupira em Palmas – TO, pois o mesmo tem uma temperatura ideal para produção dos peixes.

Palavras-chave: Aquicultura. Palmas. Piscicultura. Oscilação térmica. Tocantins.

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos a agricultura teve inúmeras mudanças e evoluções, deste modo, permitiu cada vez mais um ambiente favorável para inovações e adaptações tecnológicas, e com toda essa dinâmica de evolução, teve a ascensão da piscicultura, que é atualmente uma das práticas com grandes rentabilidades para o meio agrícola em geral, fomentando cada vez mais o processo e desenvolvimento econômico do país (Vieira Filho e Fishlow, 2017).

Segundo a FAO (2020), a piscicultura gera cerca de 1 milhão de empregos diretos e indiretos em todo território brasileiro. O Brasil é o quarto maior produtor mundial de tilápia, espécie que representa 60% da produção do país, nos últimos seis anos, a produção de peixes de cultivo saltou 38,7% no país: de 578.800 t em 2014 para 802.930 t em 2020.

A piscicultura é uma área de produção com um dos maiores crescimentos nos últimos anos, mesmo com uma baixa produção, existe ainda uma expansão muito grande, e o estado do Tocantins tem um grande potencial para ser um dos principais produtores na criação de peixe e cultivo do Brasil. MELLO (2017).

Para a devida ascensão da piscicultura, entre outros, deve-se atentar as boas práticas de manejos e segundo Torres *et al.* (2018), a produção de peixes exige um monitoramento, que vai desde a qualidade da água até as questões diretas relacionadas com os tanques dos peixes. Entre os sistemas de produção, os tanques rede são uma das alternativas de criação, sendo esse, um tipo de produção permite a passagem do fluxo de água e dos dejetos dos peixes.

Independente do sistema, a temperatura é um fator importante e a necessidade de intensificação de seu monitoramento aumenta à medida em que o sistema de produção se intensifica. Considerando as principais espécies produzidas no Brasil, deve-se trabalhar com temperaturas entre 20 °C a 32 °C e conhecer a temperatura nos sistemas de produção impacta diretamente no ajuste do arraçoamento, podendo gerar economias KUBITZA (2018).

Ainda não se tem conhecimento de como a oscilação térmica se comporta nas águas do lago em Palmas – TO, e por ser uma região muito visada para implantação de pisciculturas com tanque-rede, é justificável então, expandir os estudos e tecnologias voltadas para o monitoramento da qualidade de água, no estado, incluindo a temperatura da água. Com base nisso, objetivou-se avaliar a oscilação térmica e possíveis impactos na produção intensiva de peixes em tanque-rede no Parque Aquícola

Sucupira, em Palmas – TO, utilizando uma sonda de monitoramento de temperatura e compartilhamento em tempo real durante 30 dias.

2 METODOLOGIA

Com relação a região de estudo delimitada neste trabalho foi a área de influência de produção de pescado em tanques-rede do Parque Aquícola Sucupira, localizada no reservatório do Lajeado a 15 km da cidade de Palmas (TO). O Parque Aquícola Sucupira, foi projetado para fins não onerosos. Contando com 209 áreas aquícolas licitadas, 198 contempladas, possuindo atualmente 30 piscicultores produzindo diversas espécies amazônicas (SEAGRO, 2018).

O reservatório de Lajeado ocupa área de 630 Km² de lâmina de água, representando 0,23% da área do Estado do Tocantins, tendo sido construído basicamente para geração energética em 2001, com uma produção aproximada de 902,5 MW por dia. Além disso, há outros usos, como usos para abastecimento, irrigação, aquicultura, navegação, lazer entre outros. EMBRAPA (2018).

A coleta de dados da pesquisa relacionada com a temperatura em tanques-rede do Parque Aquícola Sucupira, ocorreu no prazo de monitoramento e avaliação da água em 30 dias, entre os meses de setembro e outubro, com produção do artigo no mês de novembro.

Para o levantamento de dados e de informações relevantes à investigação e à compreensão das questões propostas, foram utilizadas técnicas de documentação direta e indireta, e observação direta intensiva. A documentação indireta foi calcada em pesquisa documental e pesquisa bibliográfica. A fonte de coleta de dados da pesquisa documental limitou-se aos documentos, escritos ou não, denominados de fontes primárias. Por outro lado, a pesquisa bibliográfica ou de fontes secundárias, abrangeu toda bibliografia já publicada tanto na comunicação escrita quanto na oral. Este estudo fez uso de ambas as fontes, primária e secundária.

A plataforma conectada a sonda coletou e registrou os dados, permitindo posteriormente a exportação dos mesmos no formato .xls. Após a exportação, os dados foram tratados e organizados para uso no software R para as devidas análises estatísticas descritivas e que permitiram o entendimento das tendências e oscilações térmicas no período avaliado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Um dos aspectos fundamentais para a questão de produção de peixes sem sombra de dúvidas é a boa qualidade da água, e entender quais suas funções para o desenvolvimento da produção e criação de

peixes, uma vez que a água inclui todas as características físicas, químicas e biológicas que interagem individualmente ou coletivamente, influenciando o desempenho da produção. KUBITZA (2018).

Na qualidade da água, o oxigênio dissolvido é a principal fonte de respiração dos peixes, que passa pelas brânquias onde são realizadas as trocas gasosas, a concentração dele varia continuamente durante o dia, em consequência de processos físicos, químicos e biológicos. O céu nublado causa um decréscimo na taxa de fotossíntese, e em dias claros aumenta rapidamente. SILVA (2019).

De acordo com Lima (2013), o oxigênio dissolvido na água é um parâmetro essencial na piscicultura. A maioria dos peixes o capturam por meio de um complexo órgão branquial, utilizando esse gás para a respiração celular.

Neste sentido, abordando uma BPM fundamental para produção de peixes, visando seu crescimento e desenvolvimento saudável, um dos aspectos juntamente com a qualidade da água, está relacionado com a temperatura da água, que tem relação direta com o bom manejo com o animal, bem como sua adaptação nesse meio que ele vive. TOCANTINS (2020).

TEMPERATURA DA ÁGUA NO PARQUE AQUÍCOLA SUCUPIRA

Diante das pesquisas relacionados com as temperaturas das águas em com a produção de peixes, a realização da pesquisa tende a exercer papel crucial para um bom manejo em piscicultura no Parque Aquícola Sucupira, tendo em vista a necessidade de mais pesquisas na área.

Um dos meios fundamentais para o processo de criação de peixes está relacionado com a boa qualidade que o animal recebe no processo de cultivo, com ênfase na boa administração de boas práticas de manejo essenciais para a sua sobrevivência e qualidade do crescimento e desenvolvimento. Deste modo, um dos fatores cruciais para isso está relacionado com a variação de temperatura do local que produção do peixe.

Neste sentido, entende-se que a temperatura da água é considerada uma das variáveis ambientais mais importantes, por afetar diretamente o metabolismo e consequentemente, o consumo de oxigênio dos peixes, o crescimento e a sobrevivência dos organismos de modo geral. KUBITZA (2018).

A temperatura da água é determinante na hora de garantir boa produção dos peixes de modo geral, assim sendo, os cuidados devem ser feitos de maneira coerente, tendo em vista as boas práticas de manejo relacionadas com os fatores ambientais e climáticos. Nesse sentido, deve ser levado em consideração a questão fundamental de profundidade do lago também. MELLO (2017).

Os peixes são animais que seguem fluxos distintos relacionados com as temperaturas e duas diferenças em diversas estações do ano. Assim sendo, os sistemas de aquicultura de recirculação são os sistemas de aquicultura superintensivos mais tradicionais e difundidos. Deste modo, os peixes são considerados pecilotérmicos ou termo confortantes, ou seja, não mantem a temperatura corporal constante, eles a ajustam em função da variação da temperatura da água. SILVA (2019).

Segundo Mello (2017), a temperatura pode interferir na atividade reprodutiva e alimentar desses animais, na integridade estrutural, funcional e bioquímica, além de potencializar o efeito negativo de agentes tóxicos ou, ainda, interagir com outros fatores abióticos.

De acordo com Kubitz (2018), a temperatura da água está fortemente ligada com toda produção de peixes em determinada região, isso significa que ela atua de maneira significativa sobre todo processo de adequação do animal no meio aquático de maneira direta.

Em ambiente natural a temperatura é um dos principais fatores que determinam a distribuição geográfica dos ecossistemas aquáticos e para vida marinha. A variação térmica, afeta a fisiologia, e comportamento dos organismos aquáticos. MINELLO *et al.* (2018).

De acordo com o Serviço Nacional de Aprendizagem Rural – SENAR (2018), a velocidade de transmissão de calor na água é afetada pelo movimento das moléculas de água. Quando as moléculas se movem mais rápido, elas se espalham melhor e, portanto, a transmissão de calor é mais rápida. A água quente tem moléculas que se movem mais rápido do que a água fria, e isso explica por que a água quente esfria mais rápido do que a água fria.

Na Tabela 1, é possível verificar os dados diários da temperatura no Parque Aquícola Sucupira, com relação aos indicadores como a temperatura máxima e mínima, bem como a média delas e a variação e amplitude.

Tabela 1: Dados diários da temperatura no Parque Aquícola Sucupira.

Dia	Média ¹	Mínimo (°C)	Máximo (°C)	Variância	Amplitude (°C)
30	31,11 ± 0,55	30,20	32,50	0,31	2,30
1	30,65 ± 0,41	30,00	31,50	0,17	1,50
2	31,0 ± 0,51	30,20	31,70	0,25	1,50
3	30,48 ± 0,23	30,10	30,90	0,53	0,80
4	30,82 ± 0,66	29,90	30,90	0,43	1,00
5	30,88 ± 0,32	30,40	31,60	0,10	0,20
6	30,91 ± 0,30	30,40	31,70	0,09	1,30
7	30,79 ± 0,54	30,10	31,70	0,29	1,60
8	30,46 ± 0,16	30,20	30,80	0,03	0,60
9	30,91 ± 0,62	30,00	32,00	0,38	2,00
10	31,09 ± 0,38	30,50	31,80	0,14	1,30
11	31,05 ± 0,36	30,50	31,60	0,13	1,10
12	31,24 ± 0,42	30,70	32,20	0,18	1,50
13	31,19 ± 0,49	30,50	32,20	0,24	1,70
14	30,52 ± 0,16	30,30	30,80	0,03	0,50
15	30,56 ± 0,01	30,30	31,10	0,04	0,80
16	30,86 ± 0,46	30,10	32,00	0,21	1,90
17	30,93 ± 0,52	30,10	31,90	0,27	1,80
18	30,97 ± 0,31	30,50	31,60	0,10	1,10
19	30,80 ± 0,36	30,20	31,4	0,13	1,20
20	30,75 ± 0,34	30,40	31,80	0,12	1,40
21	30,34 ± 0,15	30,10	30,60	0,02	0,50
22	30,46 ± 0,44	29,90	31,10	0,19	1,20
23	30,44 ± 0,29	30,00	31,20	0,08	1,20
24	30,00 ± 0,15	29,80	30,30	0,02	0,50

25	30,2 ± 0,50	29,60	31,20	0,25	1,60
26	30,14 ± 0,23	29,80	30,70	0,05	0,90
27	30,96 ± 0,86	29,70	32,30	0,74	2,60
28	30,79 ± 0,54	30,10	31,70	0,29	1,60
29	30,06 ± 0,19	29,80	30,50	0,04	0,70

¹ Média ± desvio padrão

De forma geral, nota-se que não houve altas variações de temperatura ao longo dos dias em que ocorreu o monitoramento no lago.

Em uma pesquisa que corrobora com o presente estudo, onde Rebouças; Lima; Dias (2014), intitulado de influência da oscilação térmica na água da piscicultura, que os peixes de águas tropicais geralmente vivem bem com temperaturas entre 23°C a 30°C e seu apetite máximo será de 28°C a 32°C.

Em outro estudo intitulado efeito da Temperatura da água de fertilização e incubação na determinação da proporção sexual do jundiá, *Rhamdia quelen*, do autor Ricardo da Silva Longo de 2008, onde o mesmo explana que a temperatura influencia no ritmo biológico dos peixes e na oxigenação da água. Quanto mais quente for, maior é a atividade fisiológica nos animais e, portanto, maior é o consumo de oxigênio.

O primeiro dia de avaliação (30) a máxima foi de 32,50°C, sendo essa a maior temperatura alcançada entre os dias de monitoramento, enquanto o dia 25 apresentou a temperatura mínima (29,60 ° C) entre os 30 dias em questão.

De acordo com a análise climática do dia 30 de setembro, os termômetros marcaram mínima de 28°C e máxima de 37°C, com temperatura média de 34°C, o que justifica na água ter uma temperatura tão elevada, dentro da climatologia do Tocantins o mês de setembro é um dos mais secos e quentes do ano.

Com relação a temperatura baixa do dia 25, já estando no mês de outubro, relativamente é um mês que inicia o inverno tocantinense, em virtude do tempo no dia a mínima era de 24°C e a máxima de 32°C, com temperatura média de 28°C, com média de probabilidade de precipitação de 1,00mm e risco de 58% de chuva, o dia foi parcialmente nublado.

Deste modo, não foi possível associar o comportamento da temperatura da água nesses dias com as condições climáticas, uma vez que a temperatura ambiental não apresentou pico no dia 30 e nem apresentou queda acentuada no dia 25 ou chuva, que justificasse a redução da temperatura na água.

A variação média da temperatura também é um dado importante, onde acordo com a literatura, a média para sobrevivência de maneira que agregue ao crescimento e desenvolvimento dos peixes normais de água doce é dentro da faixa de 20°C a 28°C, onde no Parque Aquícola Sucupira, os valores médios ultrapassam essa temperatura, podendo promover distúrbios a curto e longo prazo, dependendo da espécie.

De acordo com Santos (2018), temperaturas superiores a 28°C são desproporcionais para uma boa reprodução, e para o crescimento e desenvolvimento saudável do animal, onde poucas espécies resistem a temperaturas elevadas, pois, geralmente, associadas à diminuição nos teores de oxigênio dissolvido no meio e, ao mesmo tempo, ao aumento na taxa respiratória além de afetar diretamente o metabolismo do animal, pois isso diminui a afinidade da hemoglobina, que é o pigmento do sangue pelo oxigênio.

Qualquer condição anormal de temperatura muito elevada de modo geral provoca reações adversas também no animal, como estresse, termorregulação irregular, e isso pode elevar os riscos de asfixia nos animais e consequentemente de provocar a morte do animal de forma isolada ou geral. SANTOS (2018).

No Parque Aquícola Sucupira - Palmas, verifica-se que a espécie mais predominante para produção é a tilápia, sendo essa, um peixe autóctone da Bahia Hidrográfica Araguaia-Tocantins, isso de acordo com a classificação da Portaria IBAMA nº 145 de 29 de outubro de 1998. BRASIL (1998).

Segundo Castagnolli (2017), esses peixes citados como naturais da região do Tocantins são adaptáveis a essas temperaturas, sendo a temperatura ótima para o crescimento dessas espécies situa-se entre 25°C e 32°C, que é justamente a temperatura ideal para o crescimento e desenvolvimento dos mesmos na região do lago do Parque Aquícola Sucupira.

As tilápias são animais mais adaptáveis a temperaturas diversas, sendo um peixe que é resistente a mesma, bastante rústico, possui uma alta taxa de conversão alimentar, pode tolerar altas densidades de estocagem, além de ter um bom preço comercial. SENAR (2019).

Verifica-se também que, segundo Marengoni e Wild (2016), existem 77 espécies de tilápia, destas 22 são utilizadas comercialmente. A mais cultivada no Brasil e no mundo é a Tilápia-do-Nilo, que é uma

espécie que vive dentro da temperatura indicada no Parque, acima de 21°C, onde a temperatura ideal para crescimento e desenvolvimento da mesma está dentro dos padrões de 27 a 30°C, e produzem em média de 500 a 2000 ovos por desova.

Com relação as temperaturas e as oscilações com relação que tem no lago estudado, algumas espécies não se adaptam como deveria e outras se mantem em homeostase nessa temperatura, isso porque o peixe tem a fase de adaptação e pode melhorar sua reprodução, crescimento e desenvolvimento nessa temperatura do ambiente SENAR (2019).

FATOR METABÓLICO E PH COM A TEMPERATURA DA ÁGUA

O metabolismo é o processo pelo qual ocorre fatores que promovam as transformações fisiológicas no animal, sendo influenciados pelos meios intrínsecos como os fatores genéticos, e os extrínsecos, tais como a temperatura e o pH, essenciais para que ocorra crescimento satisfatório e desenvolvimento saudável dos peixes. SCORVO et al. (2010).

Sendo assim, o crescimento dos peixes tem relação direta com o meio em que o animal vive, sendo a temperatura um fator determinante para o conjunto de transformações que ocorrem no metabolismo. Vianna et al. (2016) explica que o metabolismo dos peixes é relativamente mais acelerado à medida que a temperatura da água aumenta, porém, variando dentro de um padrão favorável à sua criação e de acordo com cada espécie, época do ano e considerando também outros parâmetros de qualidade da água.

KUBITZA (2019), também defende que as taxas metabólicas de peixes aumentam com a elevação de temperatura, e ressalta que quando a temperatura ultrapassa a faixa de conforto térmico, maior desvio energético ocorre para a captação de oxigênio, o que reflete em redução do crescimento. Para muitas espécies de peixes, a redução do incremento da taxa metabólica máxima deve-se à diminuição da concentração de oxigênio, com a elevação da temperatura. Neste caso, há interrupção na atividade respiratória e consequente morte por hipóxia.

O ideal de acordo com o SENAR (2019), para que os peixes tropicais alcancem bons resultados na produção seria, portanto, temperaturas da água entre 26 e 30°C, podendo variar de espécie para espécie. Considerando que a temperatura é variável de acordo com o clima da região, faz-se importante analisar também a capacidade de adaptação à variação de temperatura da espécie.

Cada espécie de peixe tem uma temperatura em que seu metabolismo funciona melhor, que é chamada de temperatura ótima. Assim, quando os peixes ficam expostos às temperaturas acima ou

abaixo da sua temperatura ótima têm seu crescimento reduzido. E, quando submetidos a temperaturas extremas, eles têm diminuição da taxa de crescimento ou, em muitos casos, podem morrer. Isso porque águas com temperaturas muito elevadas podem acarretar dificuldade nos processos de digestão dos peixes e redução da sua capacidade de absorver os nutrientes dos alimentos. AQUICULTURA (2019).

Ao serem expostos a temperaturas abaixo ou acima dos limites de tolerância, os peixes sofrem alterações gradativas em seu metabolismo, fisiologia e comportamento. A tolerância ao frio e ao calor é diferente para cada espécie de peixe, de acordo com o ambiente que habita, seus mecanismos de adaptação e sua tolerância individual. ROTTA e QUEIROZ (2018).

Algumas espécies se adaptam a temperaturas médias mais elevadas, como as que foram obtidas no Parque Aquícola Sucupira, pois segundo a Embrapa, os peixes de água doce toleram uma amplitude térmica grande e são bastante adaptáveis a diversos valores de temperatura, principalmente no que se refere a peixes nascidos e criados em cativeiro, cuja adaptação a valores mais elevados é maior do que para os peixes capturados. A tolerância a temperaturas elevadas varia bastante de espécie para espécie, e os peixes que são originários de regiões com climas mais frios tendem a ser mais tolerantes a temperaturas baixas do que os peixes originários de regiões com climas mais quentes. SOLECKI et al. (2018).

PRECIPITAÇÕES E RELAÇÃO COM A TEMPERATURA DA ÁGUA

Naturalmente, o Tocantins é um estado com clima predominante tropical, sendo assim, apresenta duas estações bem definidas, uma seca e uma mais chuvosa. Assim sendo, a época de seca é com temperatura média de 32°C, e o período mais chuvoso com temperatura média de 26°C, os índices pluviométricos durante esse período vão de 1,800 mm a 2,200 mm em média no período. TOCANTINS (2020).

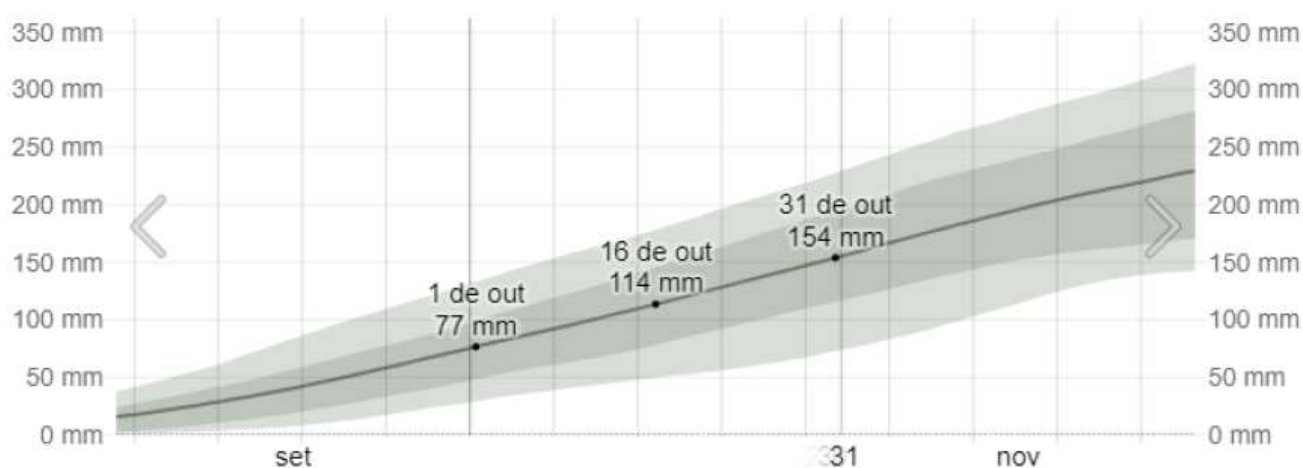
Especificadamente para Palmas, a capital do Tocantins os meses de seca vão de abril a setembro, e o período chuvoso de outubro a março. Dessa forma, o Parque Aquícola Sucupira, está localizado em uma região de clima tropical, o reservatório do Lajeado está sujeito a mudanças climáticas em função do regime pluviométrico. O regime de chuva ao qual o parque é submetido segue o mesmo indicado para a cidade de Palmas.

Bueno (2014), outro ponto importante relacionado a variação relacionada com as chuvas, sendo importante ressaltar que as mesmas também afetam a condição de temperatura do lago, onde na semana com chuva a temperatura tende a cair na relação de máxima e de mínima.

Segundo Silva (2019) as precipitações exercem influências diretas na temperatura relativa da água e essa influência é maior quando se ultrapassa 100 mm, resultando em redução da temperatura da água em 2°C. De acordo com o presente estudo corrobora com essa citação, onde em dias mais chuvosos e temperaturas mais amenas a temperatura da água tende a cair. No período relacionado com o estudo, era o início da época chuvosa, com isso, não pegou uma época de queda brusca de temperatura, pois o clima oscilava entre chuva e período mais seco, deste modo, a temperatura da água esteve nos dias de chuvoso relativas.

A Secretaria da Agricultura, Pecuária e Aquicultura (2022), as precipitações de acordo com o relatório das Informações Gerais do Estado – Climatologia no período de estudo para a região de Palmas – TO, indicaram aumento começando o mês com 77 milímetros, quando raramente passa de 133 milímetros ou cai abaixo de 29 milímetros, e terminando o mês com 154 milímetros, quando raramente passa de 228 milímetros ou cai abaixo de 73 milímetros. Na Figura 1, é possível verificar as chuvas em outubro de 2022 na região de Palmas.

Figura 1: Precipitação outubro na região de Palmas – TO.



Fonte: Weather Spark (2022).

Com isso a velocidade de queda da temperatura de acordo com Domingues e Langoni (2018), pode ser considerável ao nível de milímetros de chuva que teve variável e sazonalmente no dia, podendo cair a temperatura da água entre 1,5°C e 3,2°C em média.

Deste modo, existe a influência direta no processo de temperatura nos dias de chuva intensa na região, pois pode afetar diretamente, assim sendo, relativamente de acordo com a análise dos dados as chuvas não sofreram grande influência direta em quedas bruscas, verificado na Tabela 1, que as temperaturas se mantiveram na média mensal.

4 CONCLUSÃO

A piscicultura no Tocantins vem se destacando pela grande ascensão em todo território estadual, onde para tal feito, a análise das boas práticas é essencial para produção de peixes de modo direto e indireto, e nesse sentido, como visto nesse artigo, voltado para a qualidade da temperatura da água em um determinado viveiro.

A temperatura da água na piscicultura como estudado nesse artigo, que é um lago, não pode ser manipulado artificialmente, reflete a temperatura do ar, com relação aos fatores extrínsecos, deste modo, a água esquentar ao receber radiação do sol quando a temperatura do ar está mais alta e esfria quando está mais baixa, Deste modo, as mudanças na água são mais lentas que no ar.

Com o exposto, conclui-se que o reservatório do lajeado, no qual está instalado o parque aquícola sucupira apresenta condições ideais para o cultivo das principais espécies tropicais. No entanto, a temperatura máxima alcançada é ponto de atenção, e quando alcançadas, os manejos precisam de atenção e até serem reduzidos com o intuito de reduzir estresse e até custos, como quando a alimentação é reduzida.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M.F. Registro de aqüicultor. Panorama da aqüicultura. V.11, n.63, jan/fev 2011. p.54-56.
- AQUICULTURA, M. P. B. E. Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura 2019. Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura 2018, Brasília - DF, n.2011, p.1-60, 2019.
- BRASIL, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis/IBAMA. 1998. Portaria IBAMA n. 145, de 29 de outubro de 1998. Diário Oficial da União, Brasília, 30 out. 1998.
- BUENO, Newton Paulo. Lógica da ação coletiva, instituições e crescimento econômico: uma resenha temática sobre a nova economia institucional. Revista Economia, 2014.
- CASTAGNOLLI, N. Piscicultura de Água Doce. FUNEP/UNESP "campus" de Jaboticabal, SP. 2013.
- CHIZZOTTI, Antonio. Pesquisa em ciências humanas e sociais. 5. ed. São Paulo: Cortez, 2017.
- DOMINGUES, P.F.; LANGONI, H. – Manejo sanitário animal. Rio de Janeiro: EPUB, 2018.
- EMBRAPA, Estudo Estratégico Embrapa na Amazônia Legal: demandas e prioridades de PD&I. Documento Nº 7 Pesca e Aquicultura. Embrapa Estudos Estratégicos e Capacitação (CECAT). 2018.
- FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2019: contributing to food security and nutrition for all. Rome, 2020. 200 p.
- KERLINGER, Fred Nichols. Metodologia da pesquisa em ciências sociais: um tratamento conceitual. São Paulo: EPU, 2013.
- KUBITZA, Fernando. Tilápias: manejo nutricional e alimentar. Revista Panorama da Aquicultura, Rio de Janeiro, v. 10, n. 60, ago. 2019.
- KUBITZA, F. A evolução da tilapicultura no Brasil: produção e mercado. Panorama da Aquicultura, Rio de Janeiro, v. 13, n. 76, mar./abr. 2018.
- LAKATOS, Eva Maria; Marconi, Marina de Andrade. Fundamentos de metodologia científica. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2014.
- LIMA, A. F.; RODRIGUES, A. P. O.; ALVES, A. L.; LUIZ, D. B.; HASHIMOTO, D. T.; VARELA, E. S.; REZENDE, F. P.; MATOS, F. T.; BERGAMIN, G. T.; MORO, G. V.; LIMA, L. K. F.; LUNDSTEDT, L. M.; TORATI, L. S.; KIRSCHNIK, L. N. G.; IWASHITA, M. K. P.; CHICRALA, P. C. M. S.; MACIEL, P. O.; KIRSCHNIK, P. G.; BARROSO, R. M.; SANTOS, V. R. V. Piscicultura De Água Doce: Multiplicando Conhecimentos. Brasília, DF: EMBRAPA, 2013.
- MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA, Boletim estatístico da pesca e aquicultura. Disponível em www.mpa.gov.br. 2018.
- MARENGONI, N.G. Produção de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* (linhagem chitalada), cultivada em tanques-rede sob diferentes densidades de estocagem. Archivos de Zootecnia, v. 55, n. 210, p. 129, 2016.

MELLO, Fátima; TONI, Ana. Sustentabilidade do desenvolvimento no Brasil pós-Rio+20. São Paulo: Friedrich-Ebert-Stiftung (FES) Brasil, 2017.

MINELLO, M. C. S., PAÇÓ, A. L., CAETANO, L., CASTRO, R. S. D., FERREIRA, G., PEREIRA, A. S., PADILHA, P. M. & CASTRO, G. R. Avaliação sazonal de alguns parâmetros indicadores da qualidade de água no reservatório da usina hidrelétrica de Ilha Solteira-SP, Brasil. Global Science and Technology, 3, 98-104. 2018.

ROTTA, M.A.; QUEIROZ, J.F. Boas práticas de manejo (BPMs) para produção de peixes em tanques-redes. Corumbá: Embrapa, 2019. 27 p.

RURALTINS, Serviço Nacional de Aprendizagem. Piscicultura: manejo sanitário. / Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. – Palmas: 2020.

SENAR. Nutrição e alimentação dos peixes cultivados. Ed. Acqua Supre. Jundiaí, SP. 2ª ed. 2018, 126 p.

SCORVO, João et al. A tilapicultura e seus insumos, relações econômicas. R. Brasileira de Zootecnia, v.39, p.112-118, 2010.

SILVA, C. C. Conservação de água na piscicultura. Campinas: Universidade de Campinas. Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica e de Computação). 2019.

SOLECKI, W. D. et al. The effects of a changing climate on urban water systems: a case study of Philadelphia. Climatic Change, v. 88, n. 1, p. 161-184, 2018.

TOCANTINS, Secretaria Estadual de Agricultura, Pecuária e Aquicultura. Boletim da Aquicultura e piscicultura no Tocantins. Palmas – TO. 2020.

TORRES, Thomas Edson Lima; PINHEIRO, Patrícia Rodriguez de Carvalho. Reúso das águas tratadas por lodos ativados na aquicultura. Sanare: Revista técnica da Saranepar, Am, v. 1, n. 1, p.20-81, jan. 2018.

VIANNA, G. R.; et al. Telas para tanques-rede. Panorama da Aquicultura. Rio de Janeiro, v. 24, n. 146, p. 36-41 nov./dez. 2016.

VIEIRA FILHO, J. E. R.; FISHLOW, A. Agricultura e indústria no Brasil: inovação e competitividade. Brasília: Ipea, 2017.

Capítulo 3



10.37423/221206917

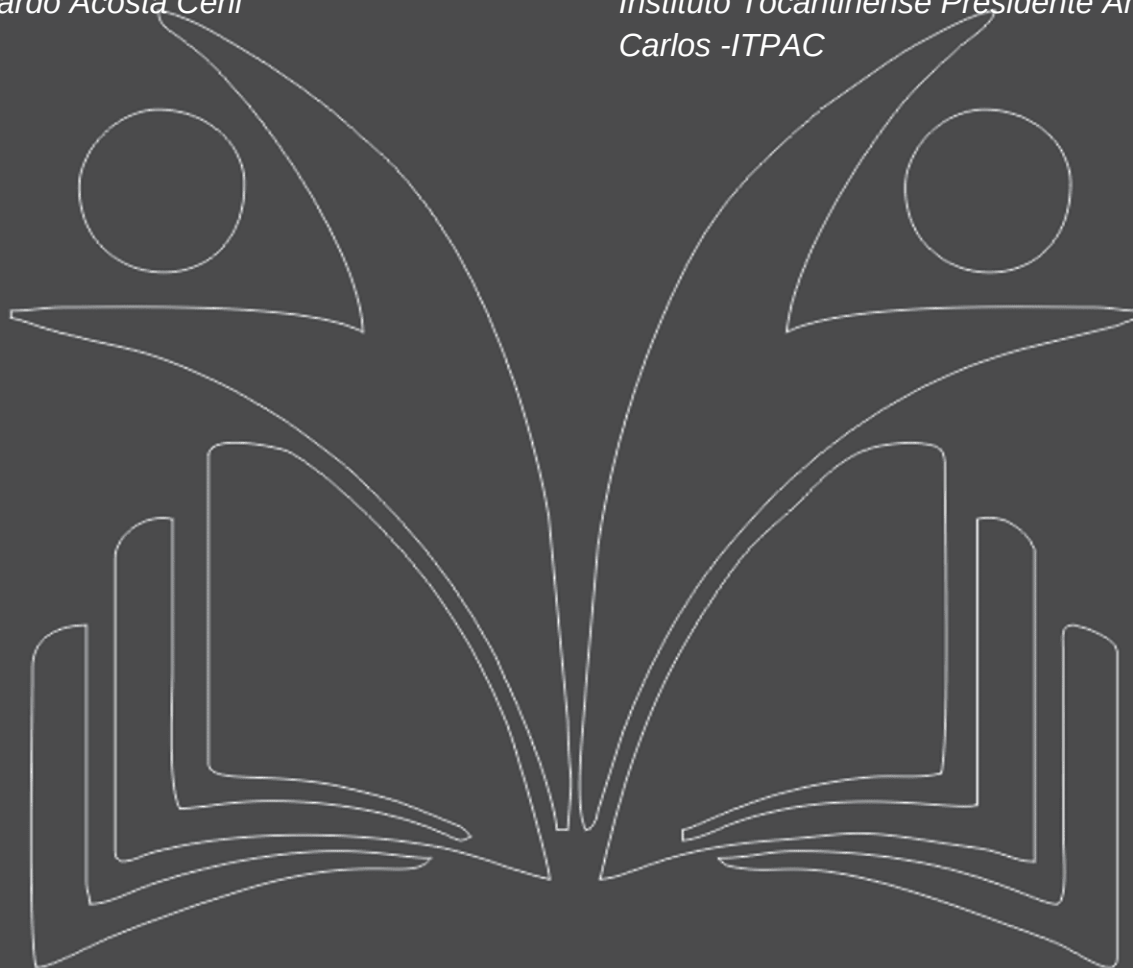
DESENVOLVIMENTO RADICULAR E DA PORÇÃO AÉREA DA BRACHIARIA DECUMBENS X SOB DIFERENTES DOSES DE ADUBOS QUÍMICOS

Adriane da Silva Rodrigues

*Instituto Tocantinense Presidente Antônio
Carlos- ITPAC*

Carlos Eduardo Acosta Ceni

*Instituto Tocantinense Presidente Antônio
Carlos -ITPAC*



Resumo: O presente artigo teve por objetivo principal analisar o desenvolvimento radicular e da porção aérea da *Brachiaria Decumbens* cv. *Basilisk*, a partir do uso de diferentes adubos químicos. A *Brachiaria Decumbens* é um tipo de gramínea muito utilizada na agricultura, seu principal uso é como forrageira. Sua introdução no Brasil ocorreu na década de 50, sendo mais usada na década de 70, por conta dos benefícios que ela apresenta como a adaptação à solos considerados ácidos e que são típicos do Cerrado. Para analisar a resposta dessa cultivar à diferentes tipos de adubos, optou-se pelo delineamento inteiramente casualizado (DIC), composto por 4 tratamentos e 5 repetições, os tratamentos foram: T1 Testemunha, T2 Cloreto de Potássio (KCL) e Fosfato Monoamônico (MAP), T3 Cloreto de Potássio (KCL) e T4 Fosfato Monoamônico (MAP). As variáveis desses tratamentos foram coletadas aos 30 dias após o plantio. As análises estatísticas realizadas foram as medidas de variâncias aplicadas pelo ANOVA para obtê-las, foi utilizado também o teste de Tukey. Como resultado, tem-se que as unidades experimentais submetidas ao T4 apontaram melhor desempenho ao alcançarem maior altura da planta em relação ao T2 e T3. Enquanto os demais tratamentos não apresentaram diferença significativa entre T4 e T2, nem entre T2 e T1 e nem entre T1 e T3. O uso do adubo Fosfato de Monoamônico separado do Cloreto apresentou melhor índice de variabilidade em relação à altura das *Braquiárias Decumbens*.

Palavras-chave: *Brachiaria Decumbens*, Desenvolvimento radicular, Adubo químico.

1 INTRODUÇÃO

A *Brachiaria Decumbens* é uma espécie de gramínea da família das Brachiarias, que tem como principal uso em pastagens nas áreas de cerrado. Presente na agricultura brasileira desde 1950, passou a ser mais utilizada por volta de 1970. Esta cultivar tem como características acentuadas: boa adaptação em solos ácidos e desenvolvimento em terras com pouca fertilidade natural (SANTINI, 2014).

Adubar pastagens é vista como uma atividade essencial que colabora para manter o solo nutrido e saudável, aumentando o tempo de vida útil e reduzindo riscos ligados a destruição do solo. Por ora, compreende-se que, o uso de diferentes maneiras de manejar o solo podem contribuir para a nutrição das plantas, forragem dos rebanhos, produção das culturas etc. (BISERRA *et al.*, 2017).

Silva, Smiderle e Oliveira (2019) pontuam que a descrição do sistema radicular das plantas se refere ao perfil e formato que ela possui quando é analisada por pesquisadores e especialistas. Ou seja, trata-se de uma forma utilizada para estudar e observar como é a produção e o desenvolvimento delas. Por ora, como ocorre a absorção de nutrientes e água precisos para o seu crescimento também.

Para Neto *et al.* (2014) existem distinções entre as plantas no que diz respeito ao potencial em absorção de nutrientes, estando relacionadas às mudanças de magnitude e a morfologia da porção radicular. Nessa perspectiva, pontua-se que, o desenvolvimento de uma planta está interligado ao sistema radicular e, na *Brachiaria Decumbens* ocorre um processo semelhante, em que, há a necessidade dos devidos cuidados para que sua produção seja preservada.

Além do sistema radicular, deve se levar em consideração também a parte aérea da planta, em que Alves (2019) reitera que o não acamamento das folhas das plantas dependem de alguns fatores como: a altura, a quantidade de perfilhos e a posição da folha (tendo como função essencial – captação de luz e potencial de fotossíntese). Nesse ínterim, são verificadas e analisadas parte por parte das plantas, para se obter resultados precisos sobre o seu desenvolvimento.

No caso da produção da *Brachiaria Decumbens*, nota-se a precisão de ser inserida diferentes doses de adubos químicos para que a cultivar tenha um bom desempenho. O uso de adubos químicos, nesse contexto, contribui de maneira significativa para o crescimento saudável da *Brachiaria*. Uma vez que, a aplicabilidade do adubo mais recomendado proporcionará resultados diferentes á aqueles em que há pouca presença de nutrientes (BISERRA *et al.*, 2014).

Considerando que o adubo KCL e MAP são extremamente importantes em solos pobres como o do cerrado, o estudo acerca de qual deles melhor beneficiaria o desenvolvimento radicular e da parte aérea da *brachiaria decumbens* se torna fundamental.

A realização dessa pesquisa se justifica pela afinidade e compatibilidade com a área de Agronomia, tornando-se necessário discutir a relação dos nutrientes e suas necessidades na pastagem, o quanto é importante a adubação para a pastagens, os tratamentos que trazem maior eficácia e que corresponde a exigência nutricional.

O artigo em tese teve por objetivo principal analisar quanto ao desenvolvimento radicular e da porção aérea da *Brachiaria Decumbens* cv. *Basilisk*, a partir do uso de diferentes doses de adubo químico. A metodologia utilizada no seguinte estudo foi a pesquisa experimental, com base no método quali-quantitativo.

2 METODOLOGIA

Realizou-se a implantação do experimento, no dia 26/09/2022, na casa de vegetação do Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos ITPAC – Porto Nacional, utilizou-se como delineamento experimental o Delineamento inteiramente casualizado, composto por 4 tratamentos e 5 repetições, os tratamentos utilizados foram diferentes adubações e a testemunha, os seguintes tratamentos foram: T1 Testemunha, T2 Cloreto de Potássio (KCL) e Fósforo Monoamônico (MAP), T3 Cloreto de Potássio (KCL) e T4 Fósforo Monoamônico (MAP). Utilizou-se a porcentagem de 3% de adubação química para cada unidade experimental nos tratamentos T3 e T4, no tratamento T2 utilizou-se a porcentagem de 1,5% de KCL e 1,5% de MAP totalizando 3%.

Utilizou-se como unidade experimental sacos de mudas com dimensões de 11X20cm, plantou-se 10 sementes de *Brachiaria Decumbens* cv. *Basilisk* em cada saco de muda, fez-se a divisão dos tratamentos em parcelas de forma inteiramente casual (sorteio).

Desenvolvimento Radicular E Da Porção Aérea Da *Brachiaria Decumbens* X Sob Diferentes Doses De Adubos Químicos



(MAP)



(KCL)



As imagens acima são registros que representam o dia da realização do experimento, podendo ser observado o fosfato monoamônico (MAP), Cloreto de Potássio (KCL), a quantidade utilizada e a implantação das sementes em sacos de mudas apropriados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

RESULTADOS

As imagens abaixo apresentam os principais resultados referentes as análises das implantações da *Brachiaria Decumbens* e aplicação de Cloreto de Potássio + Fosfato de Monoamônico (MAP) combinados; e aplicação de Fosfato de Monoamônico separado do Cloreto de Potássio. Foram implantadas o total de 20 Testemunhas: 5 (T1); 5 (T2); 5 (T3) e 5 (T4). As amostras eram observadas todas as quintas-feiras (semanalmente), por volta das 18 h e 40 minutos. No dia 28 de outubro de 2022 foram retiradas dos respectivos sacos para análise e medição do desenvolvimento da radicular.

Desenvolvimento Radicular E Da Porção Aérea Da *Brachiaria Decumbens* X Sob Diferentes Doses De Adubos Químicos

Figuras 01 e 02: Reprodução e Crescimento das Testemunhas de *Brachiaria Decumbens*.



Figuras 03 e 04: Fase final e retirada das *Brachiaris Decumbens*.



Figuras 05 e 06: Análise e medição das Testemunhas T1.



Figuras 07 e 08: Análise e medição das Testemunhas T2.



Figuras 09 e 10: Análise e medição das Testemunhas T3.



Figuras 11 e 12: Análise e medição das Testemunhas T4.



Neste experimento utilizou-se a cultivar *Brachiaria decubens* cv. Basilisk, submetida a diferentes doses de adubação, o objetivo foi analisar o seu desenvolvimento em relação à altura das plantas.

Desenvolvimento Radicular E Da Porção Aérea Da Brachiaria Decumbens X Sob Diferentes Doses De Adubos Químicos

O presente estudo buscou averiguar as diferentes combinações de adubos, e não a dosagem (usada a mesma – 3g, em cada tratamento). Se as dosagens fossem diferentes de determinado poderia fazer uma ANOVA de regressão e encontrar um modelo matemático para a quantidade ideal de adubo. Ou ainda se fossem diferentes dosagens e diferentes tipos de adubos, poderia fazer uma ANOVA em esquema Fatorial. Mas, no experimento não se aplicou este caso. Os tratamentos são qualitativos (tipos/combinações de adubo) e não quantitativos (dosagem de adubo).

A tabela abaixo apresenta o resumo das medidas descritivas:

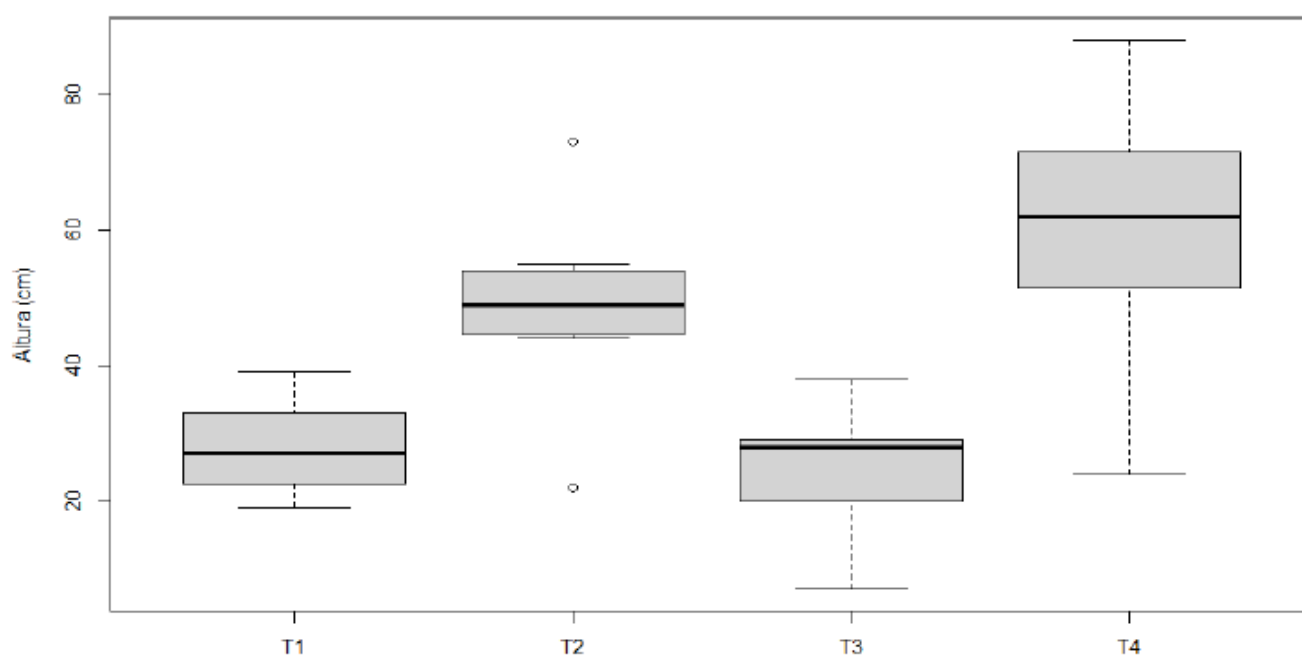
Tabela 01: Medidas descritivas combinação de adubos

Medida	T1	T2	T3	T4
Mínimo	19,00	22,00	7,00	24,00
Média	28,00	48,71	24,43	60,00
Mediana	27,00	49,00	28,00	62,00
Máximo	39,00	73,00	38,00	88,00
Desvio padrão	7,26	15,26	10,89	20,53
CV (%)	25,92%	31,33%	44,58%	34,22%

Observando as medidas descritivas, percebe-se que o T4 tem maior média, seguido por T2, T1 e T3. Nota-se ainda que T3 apresenta maior variabilidade (CV), seguido por T4, T2 e T1.

Boxplot:

Gráfico 01: Medidas descritivas dos Tratamentos



Conforme o gráfico acima, verifica-se que em T2 há duas observações discrepantes (outliers) e em T3 há assimetria negativa dos dados (linha da mediana não centrada na caixa). Há interseção dos boxplots entre T1 e T3 e entre T2 e T4, um indicativo de que não há diferença significativa entre esses tratamentos.

Já ao colocar os resultados na Análise de Variância, tem-se as seguintes descrições:

ANOVA:

Seja o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), temos o seguinte modelo estatístico:

$y_{ij} = m + t_i + e_{ij}$, em que y_{ij} é o valor observado na j -ésima repetição do i -ésimo tratamento, m é a média geral, t_i é o efeito do i -ésimo tratamento e e_{ij} é o erro experimental associado à y_{ij} observação.

Os pressupostos da ANOVA são:

O modelo deve ser aditivo; Os resíduos devem ter distribuição normal; Os resíduos devem ser independentes; Os resíduos devem ter variância homogênea.

Verificando os pressupostos. Considerando nível de significância de 5% (padrão), não rejeitamos as hipóteses nulas sempre que o valor-p for superior a 0,05.

Verificações dos pressupostos:

- Aditividade do modelo:

O modelo estatístico utilizado assumiu que os termos são aditivos (esta é uma consideração a ser feita na hora da realização do experimento).

- Normalidade dos resíduos:

Para testar a normalidade dos resíduos foi utilizado o teste Shapiro-Wilk. Neste teste, temos valor-p = 0,3737.

Dessa forma, concluímos que os resíduos são normalmente distribuídos.

- Independência dos resíduos:

Para testar a normalidade dos resíduos foi utilizado o teste Durbin-Watson. Neste teste, temos valor-p = 0,1310.

Dessa forma, concluímos que os resíduos são independentes.

- Homogeneidade da variância dos resíduos:

Desenvolvimento Radicular E Da Porção Aérea Da Brachiaria Decumbens X Sob Diferentes Doses De Adubos Químicos

Para testar a homogeneidade das variâncias foi utilizado o teste Bartlett. Neste teste, temos valor-p = 0,1072.

Dessa forma, conclui-se que os resíduos são homocedásticos.

Já que todos os pressupostos foram satisfeitos, pode-se realizar a Análise de Variâncias. Temos o seguinte quadro:

Quadro 01: Resultados da Análise de Variâncias.

Fator de Variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Valor-p
Tratamentos	3	6034,60	2011,52	9,7427	0,0002173
Resíduos	24	4955,10	206,46		
Total	27	10989,70			

Como valor-p < 0,05, conclui-se que existe diferença significativa entre os tratamentos no que se refere à altura média das plantas. Como existe essa diferença, devemos realizar um teste de comparação múltipla de médias a fim de identificar onde se encontram essas diferenças. Será utilizado o teste Tukey.

O teste Tukey tem por função relacionar as médias, par a par, e verificar se a diferença entre as médias é superior à Diferença Mínima Significativa (DMS) do teste. A DMS calculada é de 21,1872.

Tabela Tukey:

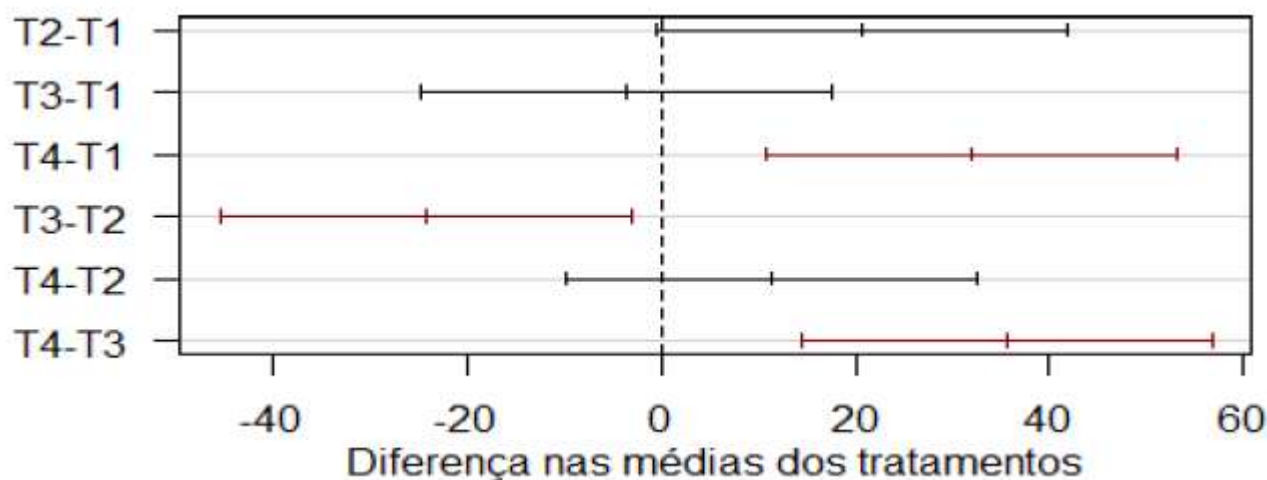
Tabela 02: Médias da Diferença Mínima Significativa

Tratamento	Média
T4	60,00 a
T2	48,71 ab
T1	28,00 bc
T3	24,43 c

As médias seguidas de mesma letra não se diferenciam entre si pelo teste Tukey ao nível de significância de 5%. Dessa forma, não há diferença significativa entre T4 e T2, nem entre T2 e T1 e nem entre T1 e T3. Existe diferença significativa entre T4 e T1, Entre T4 e T3 e entre T2 e T3. Visando maior altura das plantas, o tratamento T4 deverá ser indicado.

Gráfico das diferenças entre os tratamentos pelo teste Tukey:

Gráfico 02: Diferença das médias dos tratamentos pelo teste Tukey



O gráfico acima apresenta os resultados conforme a média das diferenças realizadas pelo teste de Tukey, em que verifica-se a comparação de cada um dos tratamentos.

DISCUSSÕES

Após exposição dos resultados das análises estatísticas de desenvolvimento da radicular da *Brachiaria Decumbens*, o tópico em tese pretende discuti-los com a contribuição da interpretação do porquê de tais resultados e o que pesquisas anteriores de outros autores concluíram acerca do uso dos fertilizantes nas *Brachiarias*.

Os tipos de adubos usados nos T2 não apresentaram resultados tão esperado quanto o resultado dos T4, pois nem todas as misturas com quantidades semelhantes não suprem o que a planta precisa em relação aos nutrientes que consiga fazê-la desenvolver de maneira eficaz (VELOSO, BOTELHO, RODRIGUES, 2020).

De acordo com Mendes, Faria e Silva (2010) expõem que a utilização de quantidades semelhantes de determinada fórmula, algumas vezes, não supre a mesma demanda de dose conforme o que é indicado de nutrientes. E esse fator pode ser considerado uma das situações ocorridas no não desenvolvimento dos T3.

Os componentes que estão presentes na MAP fazem com que as plantas tenham um bom desempenho, principalmente se tratando dos efeitos benéficos que a junção do Fósforo e do nitrogênio dispõem, aumentando as chances do desenvolvimento quanto ao tamanho da planta, e atuando nos processos de absorção de fotossíntese, respiração, síntese e no próprio crescimento dela (MENDES, FARIA, SILVA, 2010).

Santini (2014) explica que as plantas absorvem melhor os nutrientes de duas formas: via foliar e via raiz, proporcionando maior eficiência na parte radicular. No caso das *Brachiarias*, observou-se que o resultado dos T4 denotou eficácia tanto na parte aérea, quanto na radicular. E isto pode ser visto, quando se compara com o tamanho e o formato das folhas dos T2 e T3 (são menores em tamanho e quantidade).

Outros estudos, como o de Silva *et al.* (2011) e o de Cerdas e Vallejos (2012) também revelaram resultados semelhantes aos obtidos nessa pesquisa, principalmente dos T4. No estudo de Silva e Cerdas, em que foi utilizado o adubo nitrogenado, tiveram números altos ao fazerem o corte da *Brachiaria Decumbens* e perceberem que esta espécie tem uma excelente adaptação com o tipo de adubo descrito acima.

O estudo do crescimento e desenvolvido da radicular das *Brachiarias Decumbens* tem sua importância pois, segundo Salton e Tomazi (2014) as forrageiras que tem o sistema radicular parecido com o das braquiárias podem colaborar de maneira significativa para o desenvolvimento das raízes de plantas, como é o caso da soja. Ou seja, as braquiárias além de apresentar excelentes resultados quando passam por tratamento que teve uso de adubos químicos, se adaptam bem em solos de regiões de cerrado, e colaboram para o desenvolvimento de outras plantas.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo das *Brachiarias* se faz relevante pela sua imponente contribuição com a forragem de pastos e de solos nas diversas culturas. Atua como uma excelente gramínea na absorção de nutrientes que são essenciais para o desenvolvimento da radicular e da parte aérea da cultivar. Nesse sentido, o uso de adubos químicos depende de alguns fatores, como: tempo e manejo, pH, luminosidade, água, entre outros, para que as *brachiarias* se desenvolvam bastante.

A presente pesquisa buscou por meio de um experimento analisar quanto ao desenvolvimento da *Brachiaria Decumbens* cv. *Basilisk* no que tange a parte radicular e aérea delas. Embora tenha se usado a mesma quantidade de Cloreto de Potássio e de Fosfato de Monoamônico nos tratamentos, os resultados dos experimentos não foram os mesmos. Uma vez que, o Fosfato de Monoamônico por si só apresentou melhor desempenho para o tamanho da radicular da *brachiaria* do que a combinação do adubo KCL+MAP e uso separado do KCL.

Portanto, a pesquisa respondeu ao problema proposto inicialmente, a partir da compreensão de que o Fosfato de Monoamônico apontou bons índices em seu uso na *Brachiaria* que foi utilizada para este

estudo, demonstrando resultado de uma radicular bem estruturada, e a parte aérea maior, com boa quantidade e qualidade das folhas.

Como sugestão para demais pesquisas sobre a temática, indica-se que a *Brachiaria Decumbens* seja mais analisada nas regiões de cerrado, com o período maior, para que assim seja comparado com estudos da *Brachiaria* em fases iniciais, como foi o estudo em questão. Outro motivo é por haver mais estudos que tratam acerca da análise da *Brachiaria Brizantha*, um dos obstáculos que colaborou para a pouca compreensão da atuação, tratamento e absorção de nutrientes pela *Brachiaria Decumbens*.

REFERÊNCIAS

ALVES, Camila dos Santos. Caracterização de genótipos de arroz quanto a resposta ao herbicida do grupo químico das Imidazollonas e ao desenvolvimento de parte aérea e raiz. Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2019. Pelotas. 2019. Disponível em:

http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFPL_5e43db759677e01b8490d253b47e48b7 Acesso em: 12 de setembro de 2022.

BISERRA, T. T.; PAIVA, L. M., FERNANDES, H. J., DUARTE, C. F. D., FLEITAS, A. C.; SILVA, A. O. da. Utilização de biofertilizante e adubação química em capim-piatã (*Brachiaria brizantha*). Revista de Ciências Agrárias, 2017, 40(2): 333-341. Disponível em:

<https://revistas.rcaap.pt/rca/article/view/16466> Acesso em: 08 de setembro de 2022.

CERDAS, R., & VALLEJOS, E. Comportamiento productivo de varios pastos tropicales a diferentes edades de cosecha en Guanacaste, Costa Rica. InterSedes, v.13, n.26, p.8-22, 2012.

EMBRAPA. Gado de Corte. Gramíneas forrageiras do gênero brachiaria. Disponível em: <https://old.cnpgc.embrapa.br/publicacoes/ct/ct01/04especies.html#4.9%20Brachiaria%20decumbens> Acesso em: 30 de outubro de 2022.

GARCIA, Javier Bethancourt; FERNANDES, Tiago Albantes; VAZ, Ricardo Zambarda. Efeito da fertilização foliar sobre a produção de biomassa e absorção de nutrientes na grama tanner. REDVET - Revista electrónica de Veterinaria - ISSN 1695-7504. Disponível em:

<https://wp.ufpel.edu.br/gecapec/files/2017/12/Redvet-Efeito-da-fertiliza%C3%A7%C3%A3o-foliar.pdf> Acesso em: 08 de setembro de 2022.

MENDES, Alessandra Monteiro Salviano; FARIA, Clementino Marcos Batista de; SILVA, Davi José. Sistema de Produção da Melancia. Adubação. EMBRAPA. Disponível em:

<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/884125/sistema-de-producao-de-melancia> Acesso em: 11 de outubro de 2022.

NETO et al. Avaliação do sistema radicular e eficiência nutricional de cálcio e magnésio em mudas de Coffea arábica e Coffea canephora. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável. Pombal – PB – Brasil, v. 9, n. 3, p. 307-312, jul-set, 2014. Disponível em:

<https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/2281> Acesso em: 11 de setembro de 2022.

SALTON, Júlio Cesar; TOMAZI, Michely. Sistema Radicular de Plantas e Qualidade do Solo. Comunicado Técnico 198. ISSN 1679-0472 dezembro, 2014 Dourados, MS. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1005326/1/COT198.pdf> Acesso em: 09 de setembro de 2022.

SANTINI, José Mateus Kondo. Fontes e doses de nitrogênio na cultura da Brachiaria brizantha cv. Xaraés Sob condições edafoclimáticas de cerrado. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-

graduação em Agronomia. Faculdade de Engenharia – UNESP. 2014. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/110294/000794067.pdf?sequence=1> Acesso em: 12 de setembro de 2022.

SILVA, A. da C. D.; SMIDERLE, O. J.; OLIVEIRA, J. M. F. de. Crescimento radicular inicial de plântulas de inajá em Rizotron. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer – Goiânia, v. 16, n. 29; p. 565. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2019a/agrar/crescimento%20radicular.pdf> Acesso em: 10 de setembro de 2022.

SILVA, T. C., MACEDO, C. H. O., ARAÚJO, S. D. S., PINHO, R. M. A., PERAZZO, A. F., SANTOS, E. M., & GONZAGA NETO, S. Agronomic characteristics of " *Brachiaria decumbens*" under intensities and frequencies of cut and nitrogen fertilization. Revista Brasileira de Saude e Producao Animal, v.12, n.3, p.583-593, 2011.

VELOSO, Carlos Alberto Costa; BOTELHO, Sônia Maria; RODRIGUES, João Elias Lopes Fernandes. Mistura de fertilizantes: cálculo e formulação. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/218399/1/LV-RecomendacaoSolo-2020-115-122.pdf> Acesso em: 04 de outubro de 2022.

Capítulo 4



10.37423/221206928

SISTEMAS DE RECIRCULAÇÃO E REÚSO DE ÁGUA NA AQUICULTURA: UMA FERRAMENTA PARA SUSTENTABILIDADE

Marco Shizuo Owatari

*Universidade Federal de Santa Catarina –
UFSC*

Caio Magnotti

*Universidade Federal de Santa Catarina –
UFSC*

Douglas da Cruz Mattos

*FACTO – Fundação de Apoio ao
Desenvolvimento da Ciência e Tecnologia*

Raoani Cruz Mendonça

*Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Pará, Belém (IFPA)*

Leonardo Castilho de Barros

*Pós-Graduação em Aquicultura pela
Universidade Federal de Santa Catarina
(UFSC)*

Fabio Carneiro Sterzelecki

Universidade Federal Rural da Amazônia, PA



Resumo: Atualmente existem muitas práticas emergentes na aquicultura que buscam a sustentabilidade e a otimização da produtividade para um futuro saudável e próspero do planeta. Neste contexto, os sistemas de recirculação surgem como ferramentas indispensáveis para fazer a diferença entre a aquicultura passada e futura. No Brasil, a estratégia mais recorrente utilizada na produção de peixes de base terrestre é o fluxo contínuo de água em tanques escavados, que utilizam grandes quantidades de água e altas demandas energéticas para bombeamento e movimentação de massas d'água. Por outro lado, a migração do setor produtivo para o uso da tecnologia RAS é uma alternativa viável, mas prevê diversos desafios como custos de implantação, mão-de-obra especializada para operação de equipamentos, fornecedores constantes de alevinos para crescimento, além da disponibilidade de água. Perspectivas relacionadas a práticas ecologicamente corretas na aquicultura contemplam necessariamente a versatilidade e uso de sistemas de recirculação, que proporcionam uma variedade de configurações adaptáveis ao uso de diferentes espécies. A sustentabilidade ambiental no uso do RAS definirá como usaremos os recursos naturais e implementaremos soluções para as necessidades futuras da aquicultura.

Palavras-chave: RAS, Piscicultura, Reciclagem de água, Revolução azul, Biossegurança.

AQUICULTURA – UMA TECNOLOGIA GERADORA DE ALIMENTOS

O setor aquícola cresceu consideravelmente nos últimos anos. Somente em 2020, a produção aquícola mundial ultrapassou 88 milhões de toneladas, representando uma movimentação comercial de aproximadamente US\$ 265 bilhões. Os peixes oriundos dos sistemas de cultivos representaram aproximadamente 42% do total de 178 milhões de toneladas de pescado obtidas no ano de 2020 (FAO 2022). Para otimizar a produtividade nas propriedades, muitos produtores optam por intensificar a produção, utilizando altas densidades, muitas vezes acima da capacidade de carga de seus sistemas. O aumento da produtividade impacta diretamente a densidade de animais por metro cúbico de água nos sistemas de produção e isso eleva a oferta de alimentos, que por sua vez, quando mal manejada, pode deteriorar a qualidade da água, causando problemas de ordem ambiental e sanitária nas fazendas (WU et al., 2013; KAYANSAMRUAI et al., 2014; SUBASINGHE, 2005).

As problemáticas de ordem ambiental relacionadas à aquicultura, geralmente, são equacionadas em uma escala global, ou seja, como a atividade afeta o planeta, usando indicadores como emissões de gases de efeito estufa (CO₂, CH₄, NO₂), consumo de energia e área de superfície necessária para o desenvolvimento da atividade. Além dos indicadores globais, os problemas ambientais da aquicultura podem ser dimensionados em nível regional, próximo aos locais onde a atividade é desenvolvida, sendo os indicadores de eutrofização e acidificação a quantidade de compostos nitrogenados e de fósforo liberados nos ecossistemas (MARTINS et al., 2010).

Outro fator a ser considerado é a biossegurança, uma vez que espécies exóticas são utilizadas na aquicultura, há sempre o risco de fuga dessas espécies para o meio ambiente, impactando as populações silvestres, seja por cruzamentos intraespecíficos ou competição por recursos naturais (TAL et al., 2009). Problemas sanitários destacaram a fragilidade do setor de aquicultura na década de 1990, onde surtos de patógenos virais abalaram a indústria da carcinicultura, causando grandes perdas econômicas desde então (OTOSHI et al., 2003). Segundo a FAO (2014), o número de pessoas que dependem da pesca e da aquicultura como fonte de renda e alimentação é crescente, estimando-se que cerca de 10% a 12% da população mundial depende diretamente dessas atividades. No entanto, a má gestão dos recursos ambientais ameaça a sustentabilidade da atividade. Espera-se que o consumo per capita de produtos pesqueiros aumente nas próximas décadas, tornando o setor cada vez mais dependente da aquicultura (ROCHA et al., 2013).

De acordo com Godfray et al. (2010), aumentar a produção de alimentos utilizando o mesmo tamanho de área requer intensificação sustentável a fim de reduzir os impactos ambientais. Seguindo essas

estratégias de produção, surgem os sistemas de recirculação de aquicultura, conhecidos pela sigla “RAS” (do inglês *Recirculating Aquaculture Systems*), que permitem alcançar altas taxas de produção (BADIOLA et al., 2017a; LEGARDA et al., 2019; LONG et al., 2019), minimizando impactos ao meio ambiente (GÓMEZ et al., 2019; YOGEV & GROSS, 2019). A aquicultura sustentável, que defende a produção de alimentos em harmonia com a natureza, pode ser alcançada quando os sistemas de produção são projetados com o mínimo de impacto ao meio ambiente. Os sistemas de recirculação de águas para aquicultura proporcionam reduções consideráveis no uso de água e área física necessária destinada à atividade, melhorando a gestão de resíduos, tornando a produção intensiva de pescado compatível com a sustentabilidade ambiental (MARTINS et al., 2010; SUANTIKA et al., 2018; CALONE et al., 2019).

O RAS é classificado como sustentável e ecologicamente correto. Com flexibilidade em sua estrutura produtiva e autonomia para controle das variáveis ambientais, de acordo com as necessidades da espécie-alvo, essa tecnologia possibilita ciclos produtivos durante todo o ano. O processo de evolução desses sistemas foi contínuo nas últimas três décadas e muitas dessas tecnologias foram desenvolvidas por meio de pesquisas em universidades ou outros setores, que se dedicam à investigação de metodologias, técnicas e equipamentos que contribuem para o refinamento de processos de purificação e reutilização da água na aquicultura (TIMMONS & EBELING, 2010).

Atualmente, os sistemas de recirculação têm se apresentado como peças-chave para o desenvolvimento de uma aquicultura sustentável, pois, variáveis físico-químicas da água como temperatura, pH, oxigênio dissolvido, alcalinidade, entre outras podem se manter mais estáveis ao longo do período de produção nestes sistemas (SUANTIKA et al., 2018; CALONE et al., 2019; GÓMEZ et al., 2019). Desta forma, podemos dizer que os RAS são mais biosseguros, pois, permitem maior controle da qualidade da água, evitando possível contaminação ambiental através da eliminação, quase total, das trocas hídricas (SUANTIKA et al., 2018). Além disso, o RAS pode contribuir para evitar fugas de espécies exóticas para a natureza, o que também minimiza o risco de contaminação biológica e evita a disseminação de patógenos, tornando a atividade mais sustentável e ecologicamente correta.

Pesquisas revelam que a implantação de sistemas de recirculação de águas na aquicultura está se tornando uma prática cada vez mais comum, pois, proporcionam uma extrema redução no volume de água utilizada, otimizando os criadouros, e principalmente, permitindo um melhor controle sobre o ambiente de cultivo. Podemos considerar esses sistemas uma inovação para a aquicultura, uma vez que, abdicamos da criação ao ar livre em tanques expostos e passamos a utilizar tanques alocados em

áreas menores e protegidas, aumentando as densidades de estocagem de peixes em um ambiente mais controlado (HELFRICH & LIBEY, 1991; HELDBO, 2015).

Os sistemas de recirculação e reúso de água apresentam-se como uma grande oportunidade comercial, pois são baseados em altas densidades de estocagem, utilizando até 99% menos água do que os sistemas tradicionais de produção aquícola. Os custos envolvidos na fase de projeto e execução do sistema são tipicamente mais altos do que os praticados em sistemas convencionais e quaisquer equívocos no dimensionamento ou escolha de equipamentos podem resultar em falhas catastróficas em todo o sistema. Porém, quando devidamente dimensionados, os sistemas de recirculação oferecem grandes vantagens, permitindo maior autonomia e controle da produção (NAZAR et al., 2013). Os sistemas de recirculação podem ser modelados de várias maneiras usando uma ampla gama de componentes estruturais para remover resíduos indesejados na água (BIJO et al., 2007; PFEIFFER & WILLS, 2011; MASŁOŃ & TOMASZEK 2015; PUNGRASMI et al., 2016). As várias formas de compostos nitrogenados podem ser removidas dos sistemas de produção por meio de processos mecânicos, físico-químicos e biológicos (CRAB et al., 2007; WIK et al., 2009; WHANG et al., 2012; PUNGRASMI et al., 2016; CALONE et al., 2019). No entanto, os processos biológicos são mais econômicos e eficientes, visto que seguem as mesmas rotas de decomposição existentes na natureza, mas sob condições controladas.

A remoção de amônia desses sistemas é alcançada através de processos de nitrificação e desnitrificação, onde a ação oxidante de bactérias nitrificantes decompõe a amônia em nitrato sob condições aeróbicas e o nitrato pode ser simultaneamente reduzido a nitrogênio gasoso (N_2) sob condições anaeróbicas. Bactérias nitrificantes como os gêneros *Nitrobacter*, *Nitrosomonas*, *Nitrospira* entre outras, são em sua maioria quimioautotróficas e obtêm sua energia da oxidação da amônia ou do nitrito. Compostos de nitrogênio oxidado podem ser usados por bactérias desnitrificantes como receptores de elétrons, alternativamente. As bactérias que realizam a desnitrificação são em sua maioria heterotróficas, como *Pseudomonas*, *Rhizobium* e *Paracoccus* (MATEJU et al., 1992) e necessitam da disponibilidade de carbono orgânico dissolvido (COD) como fonte de energia (SLIEKERS et al., 2002).

Quando nos concentramos no campo da aquicultura, os processos biológicos são os mais importantes para o tratamento de efluentes, sendo a nitrificação o mais relevante. A nitrificação que ocorre no biofiltro pode ser afetada por uma série de variáveis, como o tipo de meio utilizado para suporte biológico bacteriano, concentrações de oxigênio dissolvido, quantidade de matéria orgânica,

temperatura, pH, alcalinidade, salinidade. As bactérias nitrificantes são sensíveis e suscetíveis a uma variedade de fatores de qualidade da água, como altas concentrações de amônia e ácido nitroso, baixos níveis de oxigênio dissolvido e pH fora da faixa de conforto (MALONE & PFEIFFER, 2006; CRAB et al., 2007; BROWN et al., 2013; ATTRAMADAL et al., 2014; CHUN et al., 2018; OWATARI et al., 2018).

Nos sistemas de recirculação para aquicultura, os desafios estão associados ao acúmulo de amônia e nitrito. O processo de nitrificação é substancialmente importante para a aquicultura, especialmente no RAS onde o lançamento de efluentes no meio ambiente é próximo de zero e a qualidade da água é mantida por meio de biofiltração (BROWN et al., 2013; SUMMERFELT et al., 2015; VON AHNEN et al., 2019). Ela ocorre em duas etapas, nas quais a amônia é oxidada a nitrito por bactérias oxidantes de amônia, chamada nitrificação, e então o nitrito é oxidado a nitrato por bactérias oxidantes de nitrito, conhecida como nitratação. Os gêneros *Nitrosomonas* e *Nitrosospir* são exemplos de bactérias que oxidam amônia a nitrito e os gêneros *Nitrosococcus*, *Nitrobacter*, *Nitrospira*, *Nitrococcus* e *Nitrospina* são algumas das bactérias oxidantes de nitrito (TIMMONS & EBELING, 2010; BROWN et al., 2013; ATTRAMADAL et al., 2014; BRAILO et al., 2019).

Os sistemas de produção são geralmente classificados em três categorias de acordo com o grau de disponibilidade de carbono orgânico e nitrogênio: podem ser oligotróficos (alta limitação de nutrientes); mesotrófico (limitação média de nutrientes); ou eutrófico (excesso de nutrientes). No entanto, do ponto de vista da engenharia aquícola, primeiro observa-se o habitat natural da espécie a ser cultivada e, em seguida, define-se o padrão de qualidade da água a ser adotado, formando um importante elo entre as expectativas de produção e as características que o biofiltro deve ter para alcançar um bom desempenho. Materiais de suporte biológico, também chamados de mídias filtrantes, são comumente avaliados e comparados em toda a área de superfície total disponível por metro cúbico de mídia (LEKANG & KLEPPE, 2000; YOON et al., 2003; PFEIFFER & WILLS, 2011; VON AHNEN et al., 2019). No entanto, deve-se atentar para a área teórica de superfície de qualquer material utilizado como suporte biológico, pois, o biofilme ao cobrir a mídia altera as características das estruturas e cria uma “nova” área de superfície. Isso pode reduzir a área disponível para bactérias nitrificantes (GUERDAT et al., 2010).

A eficiência dos filtros biológicos e os processos de nitrificação envolvidos neste tipo de sistema estão diretamente relacionados aos tipos de mídias utilizados como suporte biológico para adesão de bactérias. É importante que a mídia utilizada ofereça maior área de superfície, permitindo maior crescimento bacteriano por unidade de volume do meio filtrante e, portanto, aumentar a remoção de

amônia. Além disso, a construção de filtros biológicos usando mídias de grande área de superfície pode ser econômica, dessa forma precisaremos de menos espaço físico para instalá-los (LEKANG & KLEPPE, 2000).

A vida útil de mídias alternativos para uso em filtros biológicos deve ser observada, considerando a composição de suas estruturas, por exemplo. Mídias como a madeira podem ser utilizados, porém possuem vida útil reduzida quando comparados aos meios plásticos (SALILING et al., 2007) e podem se decompor causando problemas secundários no sistema, como alterações nos parâmetros físico-químicos da qualidade da água. O sistema RAS é dependente de biofiltros eficientes que são capazes de oxidar a amônia tóxica em nitratos, considerados menos tóxicos para os organismos aquáticos (LIU et al., 2013).

Atualmente na aquicultura existe uma busca constante por novas formas de produção visando a redução do consumo de água, solo e danos ambientais. Portanto, um bom projeto deve prever e contemplar o uso de tecnologias para atingir esses objetivos (LOSORDO et al. 1999; SALILING et al., 2007). Um dos fatores que limitam essa prática é o alto custo dos materiais, principalmente quando optamos por utilizar meios plásticos tradicionais para suporte biológico, onde o custo desse material pode chegar próximo a R\$ 1.000,00/m³ (SALILING et al., 2007). No RAS, infinitos suportes biológicos naturais e artificiais podem ser usados em biofiltros desde que favoreçam o crescimento de bactérias nitrificantes e não prejudiquem os organismos aquáticos cultivados (RIDHA & CRUZ, 2001; LIU et al., 2013; OWATARI et al., 2018; VON AHNEN et al., 2019). A escolha dos componentes do RAS, bem como o suporte biológico a ser utilizado, podem influenciar diretamente nos custos de implantação e na sua eficiência (SUMMERFELT, 2006). Por exemplo, os filtros submersos comparados aos filtros percoladores, têm a vantagem de poder reduzir até dez vezes o volume de meios filtrantes necessários para operar (BLANCHETON, 2007). Geralmente, em sistemas de produção aquícola, os filtros biológicos devem ter como principal função a remoção do excesso de compostos nitrogenados no sistema e evitar seu acúmulo. Os biofiltros devem reduzir a concentração de amônia total (TAN) através da nitrificação e, portanto, os projetos de RAS devem maximizar e melhorar a taxa de remoção de TAN para reutilizar a água, minimizando os impactos dos compostos de nitrogênio nos animais de criação (GUERDAT et al., 2010). No entanto, compreender os parâmetros de controle dos diferentes arranjos de sistemas de recirculação, filtros e seus suportes biológicos é uma etapa muito importante na definição dos processos operacionais, configuração do layout e dimensionamento dos filtros. É fundamental desenvolver protocolos para avaliação de sistemas de cultivo, biofiltros e meios

filtrantes, a fim de contribuir com informações para que a indústria faça uso dessas tecnologias na cadeia produtiva.

SISTEMAS DE RECIRCULAÇÃO PARA AQUICULTURA (RAS) – UMA FERRAMENTA DE SUSTENTABILIDADE

Os Sistemas de Aquicultura de Recirculação (RAS) começaram a se desenvolver na década de 1970 com tecnologia derivada de unidades de tratamento de esgoto (ASCHE, 2008). Os RAS são sistemas tecnificados, onde um conjunto de componentes estruturais trata a água em um circuito fechado e contínuo de recirculação, mantendo as variáveis físico-químicas dentro dos parâmetros desejados (BLANCHETON, 2007). A utilização deste sistema é um conceito relativamente moderno, muito original e extremamente necessário, onde podemos criar uma gama infinita de espécies de organismos aquáticos em altas densidades, com autonomia sobre as variáveis ambientais de um ambiente controlado (ATTRAMADAL et al., 2014; ORELLANA et al., 2014; NGOC et al., 2016; BADIOLA et al., 2017a; CHUN et al., 2018; OWATARI et al., 2018; LONG et al., 2019; PEDROSA et al., 2019). Os sistemas de recirculação preconizam a reutilização da água filtrando e retirando os resíduos indesejados dos tanques, mantendo assim as condições ideais para o conforto e crescimento das espécies alvo (MARTINS et al., 2010). A água, continuamente tratada e reciclada, é constantemente monitorada e o controle rigoroso dos níveis de poluentes é medido, oferecendo maior sustentabilidade ambiental, permitindo a integração com outras atividades agrícolas e diferentes espécies (SUMMERFELT et al., 2006; BADIOLA et al., 2017b; POLI et al., 2019; LEGARDA et al., 2019). Outra vantagem importante é que a tecnologia RAS é adaptável às espécies, o que permite que os operadores troquem de espécies para acompanhar a tendência do mercado de produtos aquáticos (BIJO, 2007; MARTINS et al., 2010; TIMMONS & EBELING 2010). No entanto, percebemos que em países como o Brasil, a migração da produção para este modelo de sistema ainda é um paradigma, o que esbarra nos altos custos de energia elétrica e insumos para construção dos sistemas. Isso torna a implementação de sistemas RAS lenta e inviável em muitas situações.

A aquicultura tem sido e ainda é amplamente criticada por seus impactos potencialmente negativos sobre o meio ambiente e as questões de bem-estar dos organismos cultivados. Uma solução para esses problemas é um desenvolvimento promissor de métodos de produção sustentáveis, pois, o mercado consumidor tem algumas expectativas claras para a aquicultura sustentável. Portanto, o setor de aquicultura tem o dever de disseminar práticas sustentáveis de aquicultura de forma confiável e compreensível para os consumidores (FEUCHT & ZANDER, 2015; MILEWSKI & SMITH, 2019). Um dos

desafios da sociedade científica é fazer com que os resultados das pesquisas não cheguem apenas ao conhecimento da sociedade, mas também por meio de uma linguagem de fácil compreensão ao setor produtivo. Os países onde a aquicultura é baseada em modelos de pequena produção devem receber atenção especial, pois, os lucros obtidos com essas propriedades podem não cobrir os investimentos em novas tecnologias.

Os antecedentes e os princípios fundamentais da intensificação sustentável da aquicultura colocam desafios particulares à sua utilização. A aquicultura pode ser considerada como parte de sistemas alimentares que vão além das questões de produção para abranger armazenamento, distribuição, comércio, processamento e consumo. A intensificação sustentável é uma visão útil para interpretar os desafios e oportunidades do comércio de frutos do mar cultivados entre regiões (LITTLE et al., 2018). Em grande parte dos manuscritos publicados, a sustentabilidade proporcionada pelos sistemas de recirculação é constantemente destacada com perspectiva de melhoria na redução dos impactos ambientais. A tecnologia oferece oportunidades para reduzir o uso de água e melhorar a gestão de resíduos e reciclagem de nutrientes, tornando a produção intensiva de peixes compatível com a sustentabilidade ambiental. No entanto, é necessário que o funcionamento destes sistemas seja gerido de forma honesta e correta. Não adianta destacar constantemente a economia de água proporcionada pelo RAS, se a má gestão na produção gera trocas hídricas forçadas nos sistemas, assim como não saber como destinar os resíduos sólidos gerados durante os ciclos produtivos.

Pesquisas recentes visam melhorar a eficiência do tratamento de água para reduzir as taxas de renovação de água (SUANTIKA et al., 2018). No entanto, a natureza da criação intensiva fornece uso intensivo de energia, dificultando a sustentabilidade e a lucratividade (BADIOLA et al., 2017b). Resultados apresentados por Kucuk et al. (2010) mostram que as eficiências energéticas dos componentes do sistema são altamente afetadas pela variação dos fluxos de energia de entrada em função da temperatura ambiente e do período de operação dos equipamentos de refrigeração a água. Os projetos mais eficientes são os menos dependentes de energia, ou seja, processos unitários otimizados, integrando sistemas, selecionando equipamentos adequados e energia renovável, são de uso potencial em RAS (KUCUK et al., 2010; BADIOLA et al., 2017b; BADIOLA et al., 2018; POLI et al., 2019).

Estudos que verificam o uso da tecnologia RAS para aquicultura de espécies de água doce (AL-HAFEDH et al., 2003; GUERDAT et al., 2010; OWATARI et al., 2018; PEDROSA et al., 2019; POLI et al., 2019) e espécies marinhas (ORELLANA et al., 2014; STERZELECKI

et al., 2017; LEGARDA et al., 2019; MOTA et al., 2019) estão sendo desenvolvidos em muitas partes do mundo. Outros métodos de cultivo, como bioflocos (POLI et al., 2019), sistemas integrados de aquicultura multitróficos IMTA (LEGARDA et al., 2019) e Aquaponia (Calone et al., 2019) usam essa tecnologia. A combinação de todo o conhecimento envolvido nessas formas emergentes de culturas integradas nos dará uma compreensão mais profunda da interação entre os organismos aquáticos e o ambiente em que estão sendo cultivados e os sistemas de recirculação nos ajudarão a enfrentar esses desafios.

Os elementos que compõem um sistema básico de recirculação de baixo custo já foram descritos por Owatari et al. (2018) e Lepine et al. (2018) e pode ser feito de materiais alternativos. A estrutura básica para a remoção eficiente de resíduos indesejáveis deve incluir a instalação de compartimentos para decantação de sólidos em suspensão, filtragem física, filtragem biológica, radiação ultravioleta, difusores de ar, fracionadores de espuma e motobombas (HUTCHINSON & JEFFREY, 2004; BIJO, 2007; TIMMONS & EBELING 2010). No entanto, a composição da estrutura dos sistemas e do material filtrante pode variar de acordo com as necessidades de cada pesquisador ou produtor (COLT et al., 2006; GUERDAT et al., 2010; PFEIFFER & WILLS 2011; VAN RIJN, 2013; LEPINE et al., 2018; POLI et al., 2019). É importante que o desenvolvimento do procedimento seja padronizado e classificado. Projetos de filtros biológicos exigem que o desempenho do filtro seja avaliado e relatado de maneira padronizada, ou seja, um padrão em termos de definição, nomes de variáveis e unidades deve ser usado. Princípios básicos de desenho experimental, análise estatística e randomização devem ser seguidos (COLT et al., 2006). Independentemente da configuração estrutural de um sistema de recirculação, devemos sempre considerar as características microbiológicas da biomassa bacteriana que atua nos processos de decomposição dos compostos nitrogenados. A cinética relacionada às atividades dos microrganismos envolvidos nesses processos pode mudar e refletir diretamente em parâmetros que estão intimamente ligados às reações biológicas envolvidas nas variações de oxigênio dissolvido, pH, temperatura ou alcalinidade (LEKANG & KLEPPE 2000; VAN RIJN 2013).

Estruturas plásticas já foram utilizadas como suportes biológicos e estudadas por Al-Hafedh et al. (2003). Eles verificaram o desempenho de diferentes biofiltros para o cultivo da tilápia-do-nilo. Nesta pesquisa, as variáveis físico-químicas da qualidade da água permaneceram dentro dos limites permitidos sem afetar a saúde dos peixes. Singh et al. (1999) testaram filtros percolantes e filtros submersos aerados respectivamente e obtiveram médias variando entre $0,67 \pm 0,17$ e $0,90 \pm 0,36$ mg L⁻¹ para TAN; $0,26 \pm 0,19$ e $0,89 \pm 0,93$ mg L⁻¹ para N-NO₂; $5,75 \pm 0,77$ e $6,92 \pm 0,60$ mg L⁻¹ para OD,

destacando o bom desempenho dos processos de nitrificação em sistemas experimentais através dos resultados de qualidade da água. É importante saber que um biofiltro pode ser considerado estável quando é capaz de manter os níveis de TAN e N-NO₂ abaixo de 0,7 mg L⁻¹ recebendo uma carga diária de amônia de 8,64 g por 7 dias consecutivos ou quando a carga de TAN removida é igual à carga que entra no sistema (ZHU & CHEN 2001; SANDU et al., 2002).

Al-Hafedh et al. (2003) enfatizam a importância da alcalinidade no processo bioquímico de nitrificação em sistemas de recirculação. A nitrificação é um processo acidificante no sistema e consome alcalinidade. A manutenção do pH em uma faixa entre 7,0 e 8,0 é considerada ideal para o metabolismo das bactérias nitrificantes. Os níveis de alcalinidade e dióxido de carbono devem ser monitorados de perto, pois interferem diretamente na manutenção do pH (TIMMONS & EBELING 2010).

A eficiência do processo de nitrificação em filtros biológicos é descrita por Lekang e Kleppe (2000), onde testaram variações de superfícies para suporte biológico em RAS, argila expandida em três tamanhos; anéis de plástico; tubos de plástico; grama sintética plástica. Na pesquisa, foi utilizado cloreto de amônio (NH₄Cl) para obter as concentrações adequadas de amônia no sistema sem o uso de animais. Todos os meios testados apresentaram diminuição na quantidade de TAN entre os dias 50 e 60 após os picos causados pelo cloreto de amônio. O fenômeno estava relacionado a um rápido aumento no número de bactérias nitrificantes. Owatari et al. (2018) avaliaram o uso da fibra sintética como suporte biológico alternativo de baixo custo para adesão de bactérias nitrificantes em um sistema de recirculação de aquicultura, proporcionando estabilidade na qualidade da água, permitindo bom crescimento dos peixes no sistema e mantendo até 11,19 kg biomassa de peixes m⁻³. Martins et al. (2010) relatam que uma comunidade microbiana saudável contribui para manter a qualidade da água dentro dos sistemas de recirculação e a capacidade de manter essa qualidade constante é fundamental e contribui para a melhoria da saúde animal. Assim, os meios utilizados como suportes biológicos para adesão de bactérias interferem diretamente nos processos de nitrificação envolvidos neste tipo de sistema (LEKANG & KLEPPE, 2000). Uma grande variedade de suportes biológicos pode ser usada em biofiltros (LEKANG & KLEPPE 2000; RIDHA & CRUZ 2001; YOON et al., 2003; SUMMERFELT et al., 2015).

Projetar um sistema de recirculação e seus componentes é uma tarefa complicada, na qual o projetista precisa fazer várias escolhas para encontrar o equilíbrio entre os custos de implantação e operação, sempre tendo em mente os riscos envolvidos. Alguns critérios como volume do sistema, densidade

aplicada aos organismos, espécies-alvo, taxas de alimentação podem influenciar o projeto dos biofiltros. Da quantidade total de ração fornecida diariamente

aos peixes, 3% serão convertidos em TAN, ou seja, para cada 1000 g de ração serão produzidos 30 g de TAN no sistema. Para cada 0,3 g de TAN gerado no sistema seriam necessários 1,0 m² de área de superfície como suporte biológico para que a oxidação da amônia a nitrato ocorresse de forma eficaz (TIMMONS & EBELING 2010).

Estratégias que possam otimizar a maturação e colonização de filtros biológicos em sistemas de produção aquícola são desejáveis, uma vez que o estabelecimento natural de comunidades bacterianas nitrificantes é lento (KUHN et al., 2010). Owatari et al. (2018) utilizando o produto comercial *NITE-OUT II*® contendo *Nitrosomonas*, *Nitrobacter* e *Nitrospira* encontraram atividade de nitrificação após 3 dias da inoculação. Assim, o uso de uma ampla gama de componentes e produtos comerciais pode ser uma boa alternativa para maximizar a eficiência do biofiltro e reduzir os custos na implantação de sistemas de recirculação de aquicultura. A manutenção de uma cultura bacteriana viável para inoculação de biofiltro parece ser uma estratégia viável e bem-vinda a ser adotada.

Os sistemas RAS envolvem uma comunidade microbiana, nitrificante e desnitrificante, diversificada que habita biofiltros. Elas são responsáveis pelos processos de oxidação dos compostos nitrogenados restantes no sistema (VAN RIJN, 2013; YEP & ZHENG 2019). As bactérias nitrificantes convertem principalmente a amônia em nitrato (NO₃). A transformação de compostos nitrogenados ocorre em comunidades microbianas distintas e diversificadas de bactérias, capazes de oxidar amônia e nitrito, podendo ser mais abundantes em biofiltros de nitrificação. A proporção de comunidades bacterianas conhecidas para realizar desnitrificação heterotrófica e autotrófica e participar da ciclagem de enxofre pode ser encontrada no biorreator de desnitrificação (CRAB et al., 2007; BRAILO et al., 2019).

Antes da ação bacteriana, a amônia total deve estar disponível na água (Owatari et al., 2018). As fontes totais de amônia também são compostas pela excreção de peixes na forma de urina e fezes ou liberadas através de brânquias, como a amônia (TIMMONS & EBELING 2010). Uma vez na água, a amônia pode ser usada como fonte de energia por bactérias oxidantes de amônia. A amônia é reduzida à forma de nitrito, que por sua vez é usada como fonte de energia por bactérias oxidantes de nitrito e convertida em nitrato. As bactérias nitrificantes podem aderir e crescer em todo o sistema, mas normalmente estão concentradas em biofiltros. A nitrificação é ideal quando a temperatura está entre 25 e 30°C, o pH está entre 7~9, otimizando em pH 7,8 (YEP & ZHENG 2019).

As três principais bactérias nitrificantes comumente conhecidas são *Nitrobacter*, *Nitrosomonas* e *Nitrospira*. No entanto, o conceito de que *Nitrosomonas* é a principal bactéria oxidante do nitrito e *Nitrobacter* é a principal bactéria oxidante da amônia está mudando.

Algumas pesquisas mostraram que o gênero *Nitrospira* pode aparecer em maior extensão no biofiltro (SCHRAMM et al., 1998; BROWN et al., 2013) e os gêneros *Nitrobacter* e *Nitrosomonas* em menor extensão (CRAB et al., 2007; MASŁOŃ & TOMASZEK, 2015; CHUN et al., 2018; BRAILO et al., 2019; YEP & ZHENG 2019). Mesmo com todas as informações disponíveis sobre as diversas comunidades bacterianas que atuam na ciclagem da amônia em sistemas de biofiltração, devemos ter em mente que os microrganismos envolvidos neste processo estabelecem relações mutualísticas entre si. Essa relação é perene, causando dependência, ou seja, é indispensável para a sobrevivência dos diferentes grupos de bactérias que fazem a quimiossíntese. O produto resultante do metabolismo das bactérias na fase de nitrificação é o substrato consumido pelas bactérias na fase de nitratação. Esta inter-relação deve ser mantida em equilíbrio para alcançar a máxima eficiência do biofiltro.

ESPÉCIES-ALVO E DESEMPENHO DE PESQUISAS UTILIZANDO A TECNOLOGIA RAS

Nos últimos anos as pesquisas envolvendo os sistemas de recirculação ganharam destaque abordando uma ampla gama novas tecnologias, bem como, o uso de novas espécies de organismos aquáticos com potencial de cultivo. Badiola et al. (2012) relataram que na Europa, no início da década, o número de empresas produtoras de tilápias era o mais comum, representando 37,5% da diversidade. Sem dúvidas, o gênero *Oreochromis* é um dos mais investigados na aquicultura, entretanto, perspectivas para outras espécies são cada vez mais comuns no cenário mundial aquícola.

Sterzelecki et al. (2017) descobriram que a sardinha brasileira *Sardinella brasiliensis* parece tolerar uma ampla gama de carboidratos na dieta e inclusão de lipídios como outras espécies marinhas onívoras. No Brasil, a sardinha brasileira desponta como uma espécie promissora na aquicultura experimental para a geração de iscas vivas para a pesca do atum.

Ngoc et al. (2016) buscando uma resposta para alcançar a sustentabilidade ambiental da agricultura de *Pangasius* no Vietnã, investigaram a viabilidade de cultivo desta espécie em sistemas de recirculação, uma vez que *Pangasius* é um dos principais produtos de exportação do Vietnã. O grupo de pesquisa considerou que a adoção de sistemas RAS pode ser um passo importante para alcançar a conformidade com as certificações de sustentabilidade e controle de doenças nas fazendas *Pangasius*. Melhoria da qualidade da água utilizando a microalga *Ettlia* sp. em sistemas de recirculação de água

doce para *Danio rerio* foi demonstrado por Chun et al. (2018). Na época, uma microalga altamente sedimentável foi aplicada a um RAS de água doce para melhorar o tratamento de compostos nitrogenados, produzindo efeitos benéficos na qualidade da água.

A seleção K de comunidades microbianas para melhorar a sobrevivência na larvicultura de bacalhau *Gadus morhua* foi investigada. Microrganismos oportunistas crescem rapidamente e podem ser negativos para o desempenho de larvas de peixes marinhos. A seleção K pode ser estabelecida através da competição de recursos, mantendo um baixo suprimento de nutrientes para um determinado grupo de microrganismos em um biofiltro imaturo. Os resultados mostraram um alto potencial para aumentar a sobrevivência de peixes usando K-seleção de bactérias e foi considerado um método barato e fácil que pode ser usado em todos os tipos de sistemas de aquicultura (ATTRAMADAL et al., 2014).

Owatari et al. (2018) utilizaram tilápia-do-nilo *Oreochromis niloticus* com peso inicial de $32,11 \pm 7,6$ g e biomassa total inicial de 3,8 kg e Jundiá *Rhamdia quelen* peso inicial de $11,34 \pm 2,4$ g e biomassa total inicial de 5,4 kg por 60 dias em sistemas de recirculação. Para *O. niloticus* e *R. quelen* verificou-se uma biomassa final de 12,6 kg e 21,5 kg, com crescimento específico de 1,98 e 2,29 g dia⁻¹, respectivamente. Já Ridha & Cruz (2001) verificaram que a tilápia-do-nilo com peso médio inicial de 62 g criada em sistemas de recirculação simples pode atingir o peso de 264 g em 172 dias.

Castilho-Barros et al. (2014) atestaram a viabilidade econômica para produção de camarões marinhos nativos (*Litopenaeus schmitti*), em pequena escala, para atender ao mercado de iscas-viva para as pescas esportivas estuarina e costeira. Henriques et al. (2022), aplicando modelos de RAS de baixo custo, comprovam a viabilidade técnica e econômica do cultivo do Lambari-da-mata-atlântica *Deuterodon iguape* produzidos para atender a demanda de iscas-vivas para a captura do Robalo (*Centropomus parallelus*) na pesca esportiva em estuários brasileiros. Castilho-Barros et al. (2014) e Henriques et al. (2022) afirmam que espécies cujos mercados se dão pela comercialização unitária da produção, como nos casos para atender a demanda das iscas-vivas ou para a aquariofilia, os RAS demonstram-se viáveis economicamente à sua aplicação.

Von Ahnen et al. (2018) trataram efluentes em fazendas de trutas arco-íris *Oncorhynchus mykiss*, onde foram avaliados três biorreatores desnitrificantes contendo cavacos de madeira em escala real (350, 650 e 1250 m³). Os resultados de remoção de efluentes de N-NO₃ em sistemas de recirculação de água doce foram satisfatórios. Os biorreatores de lascas de madeira parecem atingir taxas de remoção de N-NO₃ relativamente estáveis ao longo do ano dentro da faixa de temperatura de 4,5 a 15,6 °C

examinada no estudo. Uma infinidade de materiais alternativos de baixo custo merecem atenção, pois, os custos de implantação desses sistemas são altos. Pesquisas avaliando novos materiais, como suportes biológicos de biofiltros, são muito bem-vindas.

A filtração biológica ou biofiltração é a tecnologia chave no RAS. A remoção de amônia com biofiltros sequenciais de microesferas foi eficiente no cultivo de *Perca Scortum Barcoo*. Quando a temperatura da água foi de $29 \pm 1,2$ °C e a biomassa dos peixes 7 kg m^{-3} o estabelecimento da função de nitrificação do filtro experimental foi de cerca de 8 dias. A densidade da cultura foi gradualmente aumentada para $38 \text{ kg de peixe m}^3$ e no estágio estável de 52 dias as concentrações de TAN e N-NO₂ foram mantidas em níveis de $1,6 \text{ mg L}^{-1}$ e $0,9 \text{ mg L}^{-1}$ (LIU et al., 2013). O desenvolvimento de pesquisas para introdução de novas espécies para produção comercial de RAS foi abordado por Orellana et al. (2014) ao verificar que yellow tail *Seriola lalandi* é uma candidata promissora para a diversificação da aquicultura chilena. O desempenho de crescimento, conversão alimentar, taxa de alimentação, fator de condição e mortalidade foram determinados para peixes com um peso inicial médio de $0,7 \pm 0,2 \text{ g}$ até um peso médio final de $2006 \pm 339,0 \text{ g}$. A configuração RAS com filtro de tambor, *skimmer* de ozônio, nitrificação e desnitrificação biológica, remoção de dióxido de carbono e oxigenação manteve a qualidade da água estável e com baixa renovação.

O gigante amazônico Pirarucu *Arapaima gigas* é comumente cultivado em viveiros escavados. No entanto, Pedrosa et al. (2019) investigaram os efeitos das estratégias de alimentação no crescimento, parâmetros bioquímicos e excreção de resíduos juvenis de pirarucus criados em RAS. Todas as estratégias de alimentação avaliadas pelo grupo de pesquisa foram válidas para serem utilizadas sem comprometer o crescimento do pirarucu nestes sistemas de cultivo. O esturjão chinês juvenil *Acipenser sinensis* cultivado em sistemas de recirculação pode ter seu crescimento afetado negativamente pela alta densidade populacional, bem como alterações de estresse e respostas imunes. A densidade de estocagem adequada recomendada para o cultivo de esturjão chinês juvenil em um RAS é entre $4,80 \text{ kg m}^{-2}$ e $8,99 \text{ kg m}^{-2}$ (LONG et al., 2019).

Dalsgaard et al. (2013) avaliaram a literatura publicada juntamente com práticas inéditas para a reprodução de diferentes espécies nos países nórdicos. O manuscrito identificou espécies com experimentos práticos realizados em sistemas de recirculação. Salmão-do-atlântico *Salmo salar*, truta-arco-íris *Oncorhynchus mykiss*, Enguia *Anguilla anguilla*, Perca *Stizostedion lucioperca*, truta-do-ártico *Salvelinus alpinus*, Sturgeon (ordem Acipenseriformes), tilápia *O. niloticus* e Lagostim *Homarus gammarus*, tiveram o desempenho descrito. A melhoria da gestão da água nas pisciculturas europeias

pode ser otimizada através da integração do bagre *Silurus glanis* e da alface, contextualizando a definição de aquicultura sustentável, onde, a atividade desempenha um papel importante na segurança alimentar, no emprego e no desenvolvimento econômico. A sustentabilidade do RAS pode ser aprimorada usando Aquaponia, um sistema de produção circular no qual as águas residuais do RAS são recuperadas para o cultivo e devolvidas aos tanques de peixes (CALONE et al., 2019).

Da mesma forma, Legarda et al. (2019) investigaram um sistema de recirculação de água integrando a criação do camarão-branco-do-pacífico *Litopenaeus vannamei* e tainha *Mugil curema* em um sistema de bioflocos em escala experimental. Após 53 dias, o peso final do camarão $12,56 \pm 0,22$ g e a taxa de sobrevivência $91,8\% \pm 2,9\%$ foram semelhantes entre os tratamentos. Os peixes apresentaram taxa de sobrevivência de $91,1\% \pm 10,2\%$ e crescimento adequado para as espécies *Mugil* $0,71 \pm 0,05$ g semana⁻¹ no sistema integrado. No tratamento camarão + peixe, a produtividade aumentou 11,9% ao combinar biomassa de camarão + tainha. O tratamento camarão + tainha também apresentou um aumento de 16,8% na retenção de fósforo em comparação ao tratamento somente camarão.

A aquicultura multitrófica integrada aplicada à carcinicultura em sistema fechado de recirculação de bioflocos foi investigada por Poli et al. (2019). Os pesquisadores avaliaram o desempenho de um sistema integrado de aquicultura multitrófico (IMTA) aplicado à criação do camarão *L. vannamei* em tanque de criação (800 L), tanque de criação de tilápia *O. niloticus* (90 L) e bancada hidropônica com 0,33 m² de área plantada para a cultura *Sarcocornia ambigua*. O estudo demonstrou um aumento no rendimento de até 21,5% pela integração multitrófica das três espécies em um sistema de bioflocos.

Altas concentrações de dióxido de carbono (CO₂) afetam negativamente os peixes. O crescimento, o bem-estar e a saúde do salmão-do-atlântico *S. salar* em RAS apresentaram desempenho máximo em concentrações de CO₂ abaixo de 12 mg L⁻¹ (MOTA et al., 2019). A criação de bacalhau-do-atlântico *Gadus morhua* em sistemas de recirculação foi verificada na região Basca do norte da Espanha por Badiola et al. (2017a). Na oportunidade 2500 indivíduos de bacalhau foram criados em dois regimes térmicos diferentes em dois sistemas piloto RAS durante 430 dias. O estudo foi a primeira tentativa de viabilidade técnica do bacalhau na aquicultura de base terrestre no norte de Espanha e demonstrou a viabilidade técnica da produção de bacalhau em culturas de base terrestre.

O desenvolvimento de um RAS marinho de base terrestre foi considerado praticamente sem impacto ambiental devido ao resultado de um eficiente tratamento biológico de resíduos e reciclagem de água. Mais de 99% do volume de água pode ser reciclado diariamente, integrando a nitrificação aeróbica para eliminar a amônia tóxica. A viabilidade do sistema foi validada pelo cultivo de *Sparus aurata* de

61 g a 412 g. Um total de 1,7 toneladas foi alcançado em um recorde de 131 dias com uma taxa de sobrevivência de 99%. O sistema é independente de localização, biosseguro e não restrito a uma única espécie (TAL et al., 2009).

PERSPECTIVAS PARA OS SISTEMAS DE RECIRCULAÇÃO NA AQUICULTURA

Os custos de capital envolvidos na estruturação de sistemas de recirculação aquícola são elevados e constituem um dos maiores desafios para sua sustentabilidade (KUCUK et al., 2010; DALSGAARD et al., 2013; BADIOLA et al., 2018). A viabilidade requer produção intensiva em larga escala para reduzir o investimento e os custos operacionais. No entanto, o manejo necessário incluindo manutenção de resíduos e remoção eficiente de nitrogênio e grande parte da tecnologia RAS aplicada é bem conhecida e disponível para aplicabilidade no cultivo de uma variedade de espécies.

A produção bem-sucedida de novas espécies no RAS é principalmente limitada à falta de informações sobre os requisitos biológicos mínimos das espécies-alvo, e o projeto RAS deve acomodar e apoiar esses requisitos. O fornecimento contínuo de formas juvenis é um pré-requisito para a produção de RAS bem-sucedida da maioria das espécies (DALSGAARD et al., 2013). Operações bem-sucedidas de RAS menos intensivos, como sistemas aquapônicos (CALONE et al., 2019) ou sistemas integrados (LEGARDA et al., 2019; POLI et al., 2019) parecem ser viáveis, principalmente quando envolvem espécies de valor diferenciado e destinadas a clientes selecionados (DALSGAARD et al., 2013).

A viabilidade econômica da Aquaponia marinha entre o camarão marinho *Litopenaeus vannamei* e a halófita *Sarcocornia ambigua* foi atestada por Castilho-Barros et al. (2018). Para esses autores, em diversas modelagens e análises (variações de sobrevivência, preços de comercialização, perda de safra etc.), a produção e comercialização da halófita neutralizam os altos custos operacionais e de investimento deste sistema.

O futuro promissor para a aquicultura, outrora mencionado muitas vezes dentro da cadeia produtiva nas últimas décadas, chegou. A geração de alimentos por meio da aquicultura e o rápido desenvolvimento da atividade está sendo denominado como a revolução azul. No entanto, a chamada revolução azul traz consigo infindáveis preocupações ambientais. Para aumentar a produção de organismos aquáticos, a aquicultura deve crescer de forma sustentável e seus impactos ambientais devem ser significativamente reduzidos (AHMED & THOMPSON 2018). O Canadá, por exemplo, é signatário das convenções das Nações Unidas (ONU) sobre desenvolvimento sustentável e estabeleceu metas de sustentabilidade por meio de legislação e políticas públicas relacionadas ao

setor de recursos naturais, incluindo a aquicultura. Isso requer medidas para avaliar e criar indicadores de sustentabilidade. No entanto, os tomadores de decisão, ou seja, o governo, devem traduzir as aspirações de políticas sustentáveis de aquicultura em indicadores de sustentabilidade mensuráveis que avaliem se os resultados dessas políticas têm os efeitos esperados na prática. A ausência de medidas políticas de sustentabilidade global, nacional e local colocam em risco os objetivos declarados de sustentabilidade da aquicultura e o risco de serem reduzidos a meros slogans políticos é uma consequência (MILEWSKI & SMITH 2019).

O desenvolvimento de novos sistemas e estratégias de sustentabilidade é uma constante nas linhas de pesquisa em aquicultura. O sistema RAS teve uma redução significativa no consumo de energia em até 75% quando um biorreator de lodo ativado por assimilação microaerofílica foi acoplado ao sistema para tratamento de resíduos de estágio único. Além disso, a descarga de resíduos sólidos foi eliminada, pois foi totalmente recuperada como biomassa microbiana que pode ser usada como ingrediente em alimentos ricos em proteínas, substituindo a farinha de peixe (YOGEV & GROSS 2019).

A produção e o consumo de proteína animal devem permanecer dentro de limites sustentáveis, exigindo um movimento rápido em direção a incentivos para apoiar a intensificação sustentável. Os desafios futuros estimularão o surgimento de sistemas cada vez mais eficientes que usam tecnologias e gerenciamento de precisão (LITTLE et al., 2018). A aquicultura sustentável produz alimentos preservando os recursos naturais e só é alcançada quando são utilizados sistemas de produção com impacto ecológico mínimo (MARTINS et al., 2010). Os sistemas de recirculação oferecem oportunidades para reduzir o uso de água, melhorar a gestão de resíduos e a reciclagem de nutrientes (OWATARI et al., 2018). A alimentação dos peixes, os resíduos e a energia são os principais componentes que explicam o impacto ecológico do RAS. Melhorias técnicas dentro do ciclo de recirculação e a adoção da aquicultura integrada são tendências que contribuem para melhorias na sustentabilidade ambiental da RAS (MARTINS et al., 2010).

Os aspectos exergéticos de um RAS mostram que as eficiências exergéticas dos componentes do sistema são altamente afetadas pela variação dos fluxos exergéticos de entrada em função da temperatura ambiente. Recomenda-se que as condições de operação dos componentes, principalmente das bombas, sejam otimizadas e melhoradas com base na capacidade de produção de peixes do sistema (KUCUK et al., 2010). Com a introdução de um componente hidropônico no sistema, a água despejada em um RAS pode ser recuperada e utilizada como solução nutritiva para o cultivo de hortaliças, visto que o RAS tem um consumo diário de água, onde 86% podem estar relacionados ao

descarte direto de água. enquanto a evaporação do sistema e as perdas por retração de umidade representam 14% (CALONE et al., 2019).

Alternativas voltadas à redução e tratamento do lodo gerado em sistemas de recirculação são prioridades globais para o desenvolvimento sustentável da aquicultura. A utilização do poliqueta *Abarenicola pusilla* para a remoção de resíduos orgânicos presentes no lodo da aquicultura pode alcançar uma eficiência significativa no consumo de componentes orgânicos, produzindo cerca de 9 g m⁻² por dia e quase 400 g m⁻² em 45 dias, sugerindo a possibilidade de sucesso no cultivo integrado com esta espécie (GÓMEZ et al., 2019).

O desempenho de sistemas multitróficos pode ser otimizado com a integração entre *L. vannamei*, *S. ambiguous* e *O. niloticus* em sistemas de bioflocos sem influência de *S. ambiguous* na recuperação de nitrogênio e fósforo no sistema (POLI et al., 2019). A integração de juvenis de *m. curema* com camarão *L. vannamei* em sistemas de bioflocos aumentou a produtividade em 11,9% e a retenção de fósforo em 16,8%, aumentando assim a eficiência geral do sistema. Tainhas podem ser mantidas em sistemas de bioflocos com dieta restrita, sem prejuízo aparente em sua fisiologia (LEGARDA et al., 2019).

Como vimos, há uma grande variedade de possibilidades emergentes na aquicultura que buscam a sustentabilidade e a otimização da produtividade. Isso é desejável e demonstra que os entusiastas da atividade estão investigando alternativas para um futuro saudável e próspero do planeta por meio de práticas de aquicultura mais sustentáveis. Neste contexto, os sistemas de recirculação são ferramentas indispensáveis para fazer a diferença entre a aquicultura passada e futura.

CONCLUSÃO

No Brasil, sabe-se que a estratégia mais recorrente utilizada na produção de peixes de base terrestre é o fluxo contínuo em tanques escavados que utilizam grande quantidade de água e alta demanda energética para bombeamento e movimentação de massas d'água. Essas condições tornam-se ameaçadoras quando percebemos que, nessas condições, as fazendas estão sujeitas a condições climáticas como chuvas excessivas, além de longos períodos de estiagem (como observado recentemente no Brasil) e a constante ameaça de agentes biológicos. Por outro lado, a migração do setor produtivo para o uso da tecnologia RAS é uma alternativa viável, mas prevê diversos desafios como custos de implantação, mão-de-obra especializada para operação de equipamentos, fornecedores constantes de organismos jovens para crescimento, além da disponibilidade de água. Perspectivas relacionadas a práticas ecologicamente corretas na aquicultura contemplam

necessariamente a versatilidade e uso de sistemas de recirculação, que proporcionam uma variedade de configurações adaptáveis ao uso de diferentes espécies. A sustentabilidade ambiental no uso do RAS definirá como usaremos os recursos naturais e implementaremos soluções para as necessidades futuras da aquicultura.

REFERÊNCIAS

- ABOU, Y., FIOGBÉ, E. D., & MICHA, J. C. Effects of stocking density on growth, yield and profitability of farming Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L., fed Azolla diet, in earthen ponds. *Aquaculture Research*, 38(6), 595-604 (2007).
- AHMED, N., & THOMPSON, S. The blue dimensions of aquaculture: A global synthesis. *Science of The Total Environment* (2018).
- AL-HAFEDH, Y. S., ALAM, A., & ALAM, M. A. Performance of plastic biofilter media with different configuration in a water recirculation system for the culture of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquacultural Engineering*, 29(3-4), 139-154 (2003).
- ASCHE, F. Farming the sea. *Marine Resource Economics*, 23(4), 527-547 (2008).
- ATTRAMADAL, K. J., TRUONG, T. M. H., BAKKE, I., SKJERMO, J., OLSEN, Y., & VADSTEIN, O. RAS and microbial maturation as tools for K-selection of microbial communities improve survival in cod larvae. *Aquaculture*, 432, 483-490 (2014).
- BADIOLA, M., MENDIOLA, D., & BOSTOCK, J. Recirculating Aquaculture Systems (RAS) analysis: Main issues on management and future challenges. *Aquacultural Engineering*, 51, 26-35 (2012).
- BADIOLA, M., ALBAUM, B., CURTIN, R., GARTZIA, I., & MENDIOLA, D. Land based on-growing of Atlantic cod (*Gadus morhua*) using Recirculating Aquaculture Systems; a case study from the Basque region (Northern Spain). *Aquaculture*, 468, 428-441 (2017)a.
- BADIOLA, M., BASURKO, O. C., GABIÑA, G., & MENDIOLA, D. Integration of energy audits in the Life Cycle Assessment methodology to improve the environmental performance assessment of Recirculating Aquaculture Systems. *Journal of Cleaner Production*, 157, 155-166 (2017)b.
- BADIOLA, M., BASURKO, O. C., PIEDRAHITA, R., HUNDLEY, P., & MENDIOLA, D. Energy use in recirculating aquaculture systems (RAS): A review. *Aquacultural Engineering*, 81, 57-70 (2018).
- BIJO, P. A. Feasibility study of a recirculation aquaculture system. Malaysian Fisheries Development Authority. Kuala Lumpur, Malaysia (2007).
- BLANCHETON, J. P., PIEDRAHITA, R., EDING, E. H., D'ORBCASTEL, E. R., LEMARIÉ, G., BERGHEIM, A., & FIVELSTAD, S. Intensification of landbased aquaculture production in single pass and reuse systems. *Aquacultural engineering and environment. Research Signpost, Kerala, India*, 21-47 (2007).
- BRAILO, M., SCHREIER, H. J., MCDONALD, R., MARŠIĆ-LUČIĆ, J., GAVRILOVIĆ, A., PEĆAREVIĆ, M., & JUG-DUJAKOVIĆ, J. Bacterial community analysis of marine recirculating aquaculture system bioreactors for complete nitrogen removal established from a commercial inoculum. *Aquaculture*, 503, 198-206 (2019).
- BROWN, M. N., BRIONES, A., DIANA, J., & RASKIN, L. Ammonia-oxidizing archaea and nitrite-oxidizing nitrospiras in the biofilter of a shrimp recirculating aquaculture system. *FEMS Microbiology Ecology*, 83(1), 17-25 (2013).

CALONE, R., PENNISI, G., MORGENSTERN, R., SANYÉ-MENGUAL, E., LORLEBERG, W., DAPPRICH, P., & GIANQUINTO, G. Improving water management in European catfish recirculating aquaculture systems through catfish-lettuce aquaponics. *Science of The Total Environment* (2019).

CASTILHO-BARROS, L.; ALMEIDA, F.H.; HENRIQUES, M.B.; SEIFFERT, W.Q. Economic evaluation of the commercial production between Brazilian samphire and whiteleg shrimp in an aquaponics system. *Aquaculture International*, 26: 1187-1206, (2018).

CASTILHO-BARROS, L.; BARRETO, O.J.S.; HENRIQUES, M.B. The economic viability for the production of live baits of white shrimp (*Litopenaeus schmitti*) in recirculation culture system. *Aquaculture International*, 22(6), 1925-1935, (2014).

CHUN, S. J., CUI, Y., AHN, C. Y., & OH, H. M. Improving water quality using settleable microalga *Ettlia* sp. and the bacterial community in freshwater recirculating aquaculture system of *Danio rerio*. *Water Research*, 135, 112-121 (2018).

COLT, J., LAMOUREUX, J., PATTERSON, R., & ROGERS, G. Reporting standards for biofilter performance studies. *Aquacultural Engineering*, 34(3), 377-388 (2006).

CRAB, R., AVNIMELECH, Y., DEFOIRDT, T., BOSSIER, P., & VERSTRAETE, W. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. *Aquaculture*, 270(1-4), 1-14 (2007).

DALSGAARD, J., LUND, I., THORARINSDOTTIR, R., DRENGSTIG, A., ARVONEN, K., & PEDERSEN, P. B. Farming different species in RAS in Nordic countries: Current status and future perspectives. *Aquacultural Engineering*, 53, 2-13 (2013).

FAO. The state of world fisheries and aquaculture. Opportunities and challenges. Food and Agriculture Organization of the United Nations (2014).

FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals. Rome (2018).

FAO. 2022. The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>

FEUCHT, Y., & ZANDER, K. Of earth ponds, flow-through and closed recirculation systems—German consumers' understanding of sustainable aquaculture and its communication. *Aquaculture*, 438, 151-158 (2015).

GODFRAY, H. C. J., BEDDINGTON, J. R., CRUTE, I. R., HADDAD, L., LAWRENCE, D., MUIR, J. F., & TOULMIN, C. Food Security: the challenge of feeding 9 billion people. *science*, 327(5967), 812-818 (2010).

GÓMEZ, S., HURTADO, C. F., & ORELLANA, J. Bioremediation of organic sludge from a marine recirculating aquaculture system using the polychaete *Abarenicola pusilla* (Quatrefages, 1866). *Aquaculture*, 507, 377-384 (2019).

GUERDAT, T. C., LOSORDO, T. M., CLASSEN, J. J., OSBORNE, J. A., & DELONG, D. P. An evaluation of commercially available biological filters for recirculating aquaculture systems. *Aquacultural Engineering*, 42(1), 38-49 (2010).

HELDDBO, J. "Sistemas de Recirculação – A Vanguarda da Aquicultura Dinamarquesa" Panorama da Aquicultura. V 25, n. 148, p. 14-23 (2015).

HELFRICH, L. A., LIBEY, G. Fish farming in recirculating aquaculture systems (RAS). Virginia State Cooperative Service (1991).

HENRIQUES, M.B.; CASTILHO-BARROS, L.; SOUZA, M.R; BARBIERI, E.; SILVA, N.J.R.; NUNES, F.A.A.; SANCHES, E.G. Is the small-scale aquaculture of lambari *Deuterodon iguape* (Eigenmann 1907) for live bait in recirculating systems economically profitable? Aquaculture, 546: 737335, (2022).

HUTCHINSON, W., & JEFFREY, M. O SULLIVAN D, CASEMENT D, CLARKE S. Recirculating aquaculture systems minimum standards for design, construction and management. Inland Aquaculture Association of South Australia Inc (2004).

KAYANSAMRUAI, P. PIRARAT, N., HIRONO, I., RODKHUM, C. Increasing of temperature induces pathogenicity of *Streptococcus agalactiae* and the up-regulation of inflammatory related genes in infected Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Veterinary Microbiology, v. 172, n. 1-2, p. 265-271 (2014).

KUHN, D. D., DRAHOS, D. D., MARSH, L., & FLICK JR, G. J. Evaluation of nitrifying bacteria product to improve nitrification efficacy in recirculating aquaculture systems. Aquacultural Engineering, 43(2), 78-82 (2010).

KUCUK, H., MIDILLI, A., ÖZDEMİR, A., ÇAKMAK, E., & DINCER, I. Exergetic performance analysis of a recirculating aquaculture system. Energy Conversion and Management, 51(5), 1033-1043 (2010).

LEGARDA, E. C., POLI, M. A., MARTINS, M. A., PEREIRA, S. A., MARTINS, M. L., MACHADO, C. & DO NASCIMENTO VIEIRA, F. Integrated recirculating aquaculture system for mullet and shrimp using biofloc technology. Aquaculture, 734308 (2019).

LEKANG, O. I., & KLEPPE, H. Efficiency of nitrification in trickling filters using different filter media. Aquacultural Engineering, 21(3), 181-199 (2000).

LEPINE, C., CHRISTIANSON, L., DAVIDSON, J., & SUMMERFELT, S. Woodchip bioreactors as treatment for recirculating aquaculture systems' wastewater: A cost assessment of nitrogen removal. Aquacultural Engineering, 83, 85-92 (2018).

LITTLE, D. C., YOUNG, J. A., ZHANG, W., NEWTON, R. W., AL MAMUN, A., & MURRAY, F. J. Sustainable intensification of aquaculture value chains between Asia and Europe: A framework for understanding impacts and challenges. Aquaculture, 493, 338-354 (2018).

LIU, H., CHE, X., & ZHANG, Y. Performance of sequencing microbead biofilters in a recirculating aquaculture system. Aquacultural Engineering, 52, 80-86 (2013).

LONG, L., ZHANG, H., NI, Q., LIU, H., WU, F., & WANG, X. Effects of stocking density on growth, stress, and immune responses of juvenile Chinese sturgeon (*Acipenser sinensis*)

in a recirculating aquaculture system. Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology, 219, 25-34 (2019).

LOSORDO, THOMAS M.; MASSER, MICHAEL P.; RAKOCY, JAMES E. Recirculating aquaculture tank production systems. A review of component options (1999).

MALONE, RONALD F.; PFEIFFER, TIMOTHY J. Rating fixed film nitrifying biofilters used in recirculating aquaculture systems. *Aquacultural Engineering*, v. 34, n. 3, p. 389-402 (2006).

MARTINS, C. I. M., EDING, E. H., VERDEGEM, M. C., HEINSBROEK, L. T., SCHNEIDER, O., BLANCHETON, J. P. & VERRETH, J. A. J. New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. *Aquacultural Engineering*, 43(3), 83-93 (2010).

MASŁOŃ, A., & TOMASZEK, J. A. A study on the use of the BioBall® as a biofilm carrier in a sequencing batch reactor. *Bioresource Technology*, 196, 577-585 (2015).

MILEWSKI, I., & SMITH, R. E. Sustainable aquaculture in Canada: Lost in translation. *Marine Policy*, 107, 103571 (2019).

MOTA, V. C., NILSEN, T. O., GERWINS, J., GALLO, M., YTTEBORG, E., BAEVERFJORD, G., & TERJESEN, B. F. The effects of carbon dioxide on growth performance, welfare, and health of Atlantic salmon post-smolt (*Salmo salar*) in recirculating aquaculture systems. *Aquaculture*, 498, 578-586 (2019).

NAZAR, A.K.A.; Jayakumar, R.; Tamilmani, G. Recirculating aquaculture systems (2013).

NGOC, P. T. A., MEUWISSEN, M. P., LE, T. C., BOSMA, R. H., VERRETH, J., & LANSINK, A. O. Adoption of recirculating aquaculture systems in large *pangasius* farms: A choice experiment. *Aquaculture*, 460, 90-97 (2016).

ORELLANA, J., WALLER, U., & WECKER, B. Culture of yellowtail kingfish (*Seriola lalandi*) in a marine recirculating aquaculture system (RAS) with artificial seawater. *Aquacultural Engineering*, 58, 20-28 (2014).

OTOSHI, C. A., ARCE, S. M., & MOSS, S. M. Growth and reproductive performance of broodstock shrimp reared in a biosecure recirculating aquaculture system versus a flow-through pond. *Aquacultural Engineering*, 29(3-4), 93-107 (2003).

OWATARI, M. S., JESUS, G. F. A., DE MELO FILHO, M. E. S., LAPA, K. R., MARTINS, M. L., & MOURIÑO, J. L. P. Synthetic fibre as biological support in freshwater recirculating aquaculture systems (RAS). *Aquacultural Engineering*, 82, 56-62 (2018).

Pedrosa, R. U., Mattos, B. O., Pereira, D. S. P., Rodrigues, M. L., Braga, L. G. T., & Fortes-Silva, R. Effects of feeding strategies on growth, biochemical parameters and waste excretion of juvenile arapaima (*Arapaima gigas*) raised in recirculating aquaculture systems (RAS). *Aquaculture*, 500, 562-568 (2019).

PFEIFFER, T. J., & WILLS, P. S. Evaluation of three types of structured floating plastic media in moving bed biofilters for total ammonia nitrogen removal in a low salinity hatchery recirculating aquaculture system. *Aquacultural Engineering*, 45(2), 51-59 (2011).

POLI, M. A., LEGARDA, E. C., DE LORENZO, M. A., PINHEIRO, I., MARTINS, M. A., SEIFFERT, W. Q., & DO NASCIMENTO VIEIRA, F. Integrated multitrophic aquaculture applied to shrimp rearing in a biofloc system. *Aquaculture*, 734274 (2019).

PUNGRASMI, W., PHINITTHANAPHAK, P., & POWTONGSOOK, S. Nitrogen removal from a recirculating aquaculture system using a pumice bottom substrate nitrification-denitrification tank. *Ecological Engineering*, 95, 357-363 (2016).

RIDHA, M. T., & CRUZ, E. M. Effect of biofilter media on water quality and biological performance of the Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. reared in a simple recirculating system. *Aquacultural Engineering*, 24(2), 157-166 (2001).

ROCHA, C. M. C. D., RESENDE, E. K. D., ROUTLEDGE, E. A. B., & LUNDSTEDT, L. M. Avanços na pesquisa e no desenvolvimento da aquicultura brasileira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 48(8), iv-vi (2013).

SALILING, WILLIE JONES B.; WESTERMAN, PHILIP W.; LOSORDO, THOMAS M. Wood chips and wheat straw as alternative biofilter media for denitrification reactors treating aquaculture and other wastewaters with high nitrate concentrations. *Aquacultural Engineering*, v. 37, n. 3, p. 222-233 (2007).

SANDU, S. I., BOARDMAN, G. D., WATTEN, B. J., & BRAZIL, B. L. Factors influencing the nitrification efficiency of fluidized bed filter with a plastic bead medium. *Aquacultural Engineering*, 26(1), 41-59 (2002).

SCHRAMM, A., DE BEER, D., WAGNER, M., & AMANN, R. Identification and activities in situ of nitrosospira and *Nitrospira* spp. as dominant populations in a nitrifying fluidized bed reactor. *Applied Environmental Microbiology*, 64(9), 3480-3485 (1998).

SINGH, S., EBELING, L., WHEATON, F. Water quality trials in four recirculating aquacultural system configurations. *Aquacultural Engineering*, v. 20, n. 2, p. 75-84 (1999).

SLIEKERS, A. O., DERWORT, N., GOMEZ, J. C., STROUS, M., KUENEN, J. G., & JETTEN, M. S. M. Completely autotrophic nitrogen removal over nitrite in one single reactor. *Water Research*, 36(10), 2475-2482 (2002).

STERZELECKI, F. C., SUGAI, J. K., BALOI, M., PASSINI, G., DE CARVALHO, C. V. A., FRACALOSSO, D. M., & CERQUEIRA, V. R. Effect of dietary carbohydrate to lipid ratios on growth, digestive enzyme and blood metabolites of juvenile Brazilian sardines, *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879). *Aquaculture Research*, 48(9), 5111-5121 (2017).

SUANTIKA, G., SITUMORANG, M. L., KURNIAWAN, J. B., PRATIWI, S. A., ADITIAWATI, P., ASTUTI, D. I., & SIMATUPANG, T. M. Development of a zero-water discharge (ZWD)—Recirculating aquaculture system (RAS) hybrid system for super intensive white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) culture under low salinity conditions and its industrial trial in commercial shrimp urban farming in Gresik, East Java, Indonesia. *Aquacultural Engineering*, 82, 12-24 (2018).

SUBASINGHE, R. P. Epidemiological approach to aquatic animal health management: opportunities and challenges for developing countries to increase aquatic production through aquaculture. *Preventive Veterinary Medicine*, 67(2-3), 117-124 (2005).

SUMMERFELT, S. T. Design and management of conventional fluidized-sand biofilters. *Aquacultural Engineering*, 34(3), 275-302 (2006).

SUMMERFELT, S. T., ZÜHLKE, A., KOLAREVIC, J., REITEN, B. K. M., SELSET, R., GUTIERREZ, X., & TERJESEN, B. F. Effects of alkalinity on ammonia removal, carbon dioxide stripping, and system pH in

semi-commercial scale water recirculating aquaculture systems operated with moving bed bioreactors. *Aquacultural Engineering*, 65, 46-54 (2015).

TAL, Y., SCHREIER, H. J., SOWERS, K. R., STUBBLEFIELD, J. D., PLACE, A. R., & ZOHAR, Y. Environmentally sustainable land-based marine aquaculture. *Aquaculture*, 286(1-2), 28-35 (2009).

TIMMONS, M. B., EBELING, J. M. *Recirculating Aquaculture*, 2nd edition. Cayuga Aqua Ventures, Ithaca, NY (2010).

VAN RIJN, J. Waste treatment in recirculating aquaculture systems. *Aquacultural Engineering*, 53, 49-56 (2013).

VON AHNEN, M., PEDERSEN, P. B., & DALSGAARD, J. Performance of full-scale woodchip bioreactors treating effluents from commercial RAS. *Aquacultural Engineering*, 83, 130-137 (2018).

VON AHNEN, M., AALTO, S. L., SUURNÄKKI, S., TIROLA, M., & PEDERSEN, P. B. Salinity affects nitrate removal and microbial composition of denitrifying woodchip bioreactors treating recirculating aquaculture system effluents. *Aquaculture*, 504, 182-189 (2019).

YEP, B., & ZHENG, Y. Aquaponic trends and challenges—A review. *Journal of Cleaner Production*, 228, 1586-1599 (2019).

YOGEV, U., & GROSS, A. Reducing environmental impact of recirculating aquaculture systems by introducing a novel microaerophilic assimilation reactor: Modeling and proof of concept. *Journal of Cleaner Production*, 226, 1042-1050 (2019).

YOON, G. L., KIM, B. T., KIM, B. O., & HAN, S. H. Chemical–mechanical characteristics of crushed oyster-shell. *Waste Management*, 23(9), 825-834 (2003).

WHANG, L. M., WU, Y. J., LEE, Y. C., CHEN, H. W., FUKUSHIMA, T., CHANG, M. Y., & HUANG, C. K. Nitrification performance and microbial ecology of nitrifying bacteria in a full-scale membrane bioreactor treating TFT-LCD wastewater. *Bioresource technology*, 122, 70-77 (2012).

WIK, T. E., LINDÉN, B. T., & WRAMNER, P. I. Integrated dynamic aquaculture and wastewater treatment modelling for recirculating aquaculture systems. *Aquaculture*, 287(3-4), 361-370 (2009).

WU, Y. R., GONG, Q. F., FANG, H., LIANG, W. W., CHEN, M., & HE, R. J. Effect of *Sophora flavescens* on non-specific immune response of tilapia (GIFT *Oreochromis niloticus*) and disease resistance against *Streptococcus agalactiae*. *Fish & Shellfish Immunology*, 34(1), 220-227 (2013).

ZHU, S., CHEN, S. Impacts of Reynolds number on nitrification biofilm kinetics. *Aquacultural Engineering*, v. 24, n. 3, p. 213-229 (2001).

Capítulo 5



10.37423/221206936

MÉTODOS E APLICAÇÕES DA CONSERVAÇÃO DE SÊMEN EM PEIXES MARINHOS

Caio Magnotti

Universidade Federal de Santa Catarina

Douglas da Cruz Mattos

*FACTO – Fundação de Apoio ao
Desenvolvimento da Ciência e Tecnologia*

Marco Shizuo Owatari

Universidade Federal de Santa Catarina

Leonardo Castilho-Barros

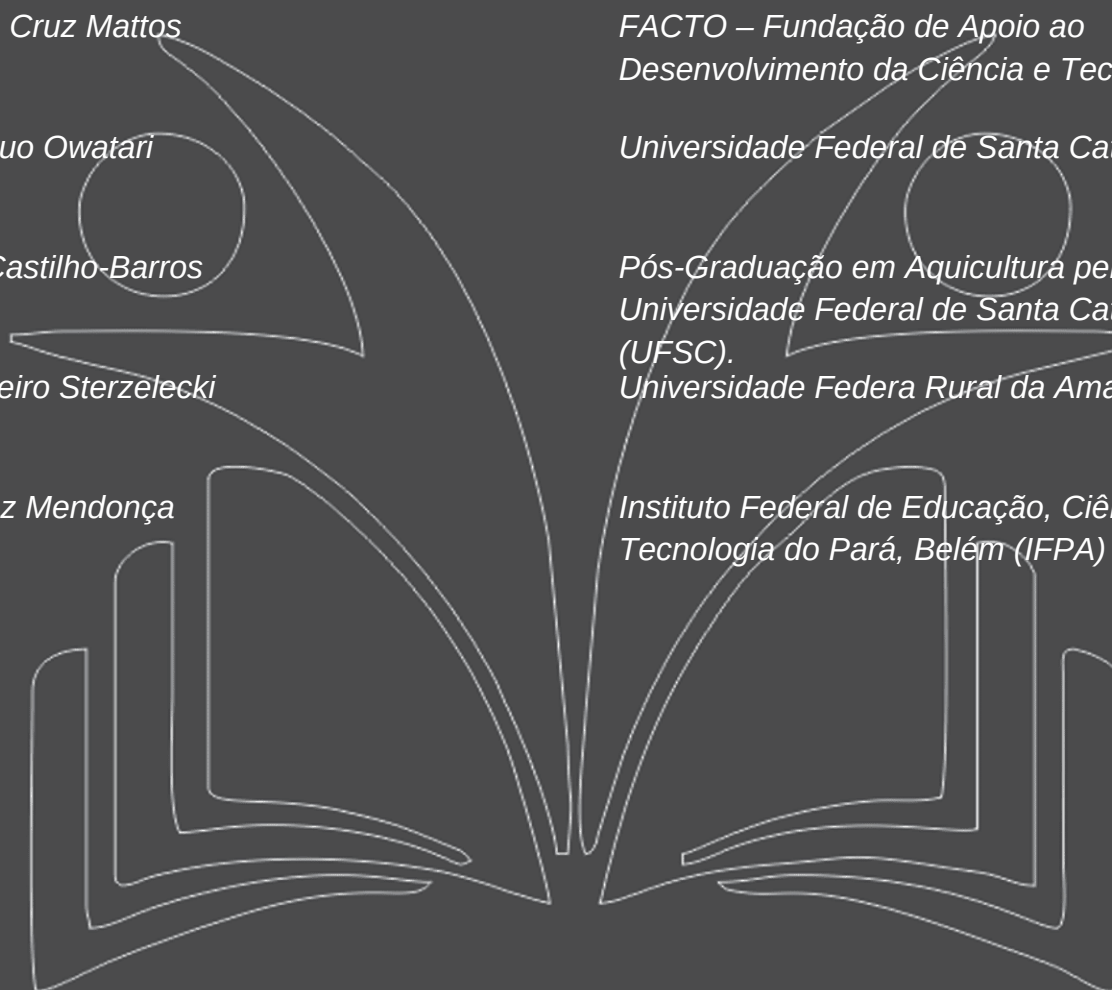
*Pós-Graduação em Aquicultura pela
Universidade Federal de Santa Catarina
(UFSC).*

Fabio Carneiro Sterzelecki

Universidade Federal Rural da Amazônia, PA

Raoani Cruz Mendonça

*Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Pará, Belém (IFPA)*



Resumo: Métodos de conservação de sêmen têm sido extensivamente estudados para espécies de peixes nos últimos 60 anos. As técnicas de criopreservação podem ser divididas em dois tipos: uma com taxas de resfriamento lentas, como o congelamento tradicional, e outra com taxas ultrarrápidas, como as usadas na vitrificação. Esses protocolos aumentam o tempo durante o qual as amostras de sêmen podem ser usadas para reprodução ou análise da qualidade do esperma. Os peixes marinhos possuem maior resistência do que as espécies de água doce às variações na osmolaridade. Isso favorece a aplicação desses métodos, que apresentam melhores resultados após o descongelamento e apresentam alto potencial biotecnológico para aquicultura. O objetivo deste estudo foi produzir informações sobre o desenvolvimento dos protocolos de conservação, manejo e estocagem do sêmen das espécies de peixes marinhos no Brasil e sugerir variáveis que podem ser aplicadas em pesquisas futuras.

Palavras-chave: Conservação do sêmen; Criopreservação de sêmen; Refrigeração do sêmen; Espermatozoologia; Conservação de gametas, piscicultura marinha.

IMPORTÂNCIA DOS MÉTODOS DE CONSERVAÇÃO DO SÊMEN

Dentro dos futuros estudos em reprodução de peixes, o desenvolvimento de programa de conservação de gametas poderá ser de grande valia. A conservação de sêmen é uma importante ferramenta para a reprodução de peixes e de grande interesse para a piscicultura, e pode ser utilizada como rotina nos laboratórios de reprodução (MARIA; CARNEIRO, 2012). Ainda é pouco utilizada em peixes marinhos no Brasil (SANCHES *et al.*, 2013) (Tab. 1), apresentando lacunas a serem estudadas quanto as metodologias de conservação de sêmen de muitas espécies de interesse econômico e ambiental que não foram respondidas (CAROSFELD *et al.*, 2003).

O crescente interesse pelo aprimoramento da técnica tem levado cada vez mais ao aumento no número de estudos sobre o tema (CAROSFELD *et al.*, 2003; MARIA; CARNEIRO, 2012), fazendo com que na atualidade, já seja possível o início do uso do sêmen preservado na rotina de produção de alevinos em alguns laboratórios públicos e privados de reprodução de peixes (MARIA; CARNEIRO, 2012).

Tabela 1. Publicações sobre conservação de sêmen em peixes marinhos com ocorrência em águas brasileiras.

Nome comum	Espécie	Método	Autor
Cioba, mutton snapper	<i>Lutjanus analis</i>	Refrigeração	Sanches & Cerqueira (2011)
-	-	Criopreservação	Sanches <i>et al.</i> (2013)
Ariocó, lane snapper	<i>Lutjanus synagris</i>	Refrigeração	Sanches & Cerqueira (2010)
-	-	Criopreservação	Sanches <i>et al.</i> (2015); Gaitan-Espitia <i>et al.</i> (2013)
Garoupa verdadeira, dusky grouper	<i>Epinephelus marginatus</i>	Criopreservação	Sanches <i>et al.</i> (2009); Cabrita <i>et al.</i> (2009) **
Robalo flecha, common snook, camurim	<i>Centropomus undecimalis</i>	Refrigeração e Criopreservação	Tiersch <i>et al.</i> (2004)

Robalo peva, fat snook	<i>Centropomus parallelus</i>	Criopreservaçã o	Serralheiro <i>et al.</i> (2003); Serralheiro <i>et al.</i> (2004); Tiba <i>et al.</i> (2009)
Linguado, Brazilian flounder	<i>Paralichthys orbignyanus</i>	Criopreservaçã o	Lanes <i>et al.</i> (2008)
Bijupira, cobia	<i>Rachycentron canadum</i>	Criopreservaçã o	Caylor <i>et al.</i> (1994) *
Papa-terra, betara, southern king croaker	<i>Menticirrhus americanus</i>	Criopreservaçã o	Nakayama (2011)
Pescada amarela, acoupa weakfish	<i>Cynoscion acoupa</i>	Refrigeração	Castro <i>et al.</i> (2014a); Castro <i>et al.</i> (2014b)
Miragaia, Borriquete, black drum	<i>Pogonias cromis</i>	Refrigeração e Criopreservaçã o	Wayman <i>et al.</i> (2007)
Tainha, lebranche mullet, lisa	<i>Mugil liza/ Mugil platanus</i>	Refrigeração	Serralheiro <i>et al.</i> (1999); Magnotti <i>et al.</i> (2018a)
-	-	Criopreservaçã o	Serralheiro <i>et al.</i> (1992); Otsubo (2010)
		Vitrificação	Magnotti <i>et al.</i> (2022)

* criopreservação a -80°C; ** Peixes sexo invertido

Estas ferramentas podem ser aplicadas a curto prazo, pelo processo de refrigeração, e a longo prazo, por meio da criopreservação (OLIVEIRA *et al.* 2007). A curto prazo, a conservação de sêmen consiste em manter a viabilidade espermática por um período de horas ou dias sob refrigeração a 4 °C, para posterior utilização na fertilização. Os métodos de conservação apresentam diversas vantagens como: conservação de material genético de animais selvagens oriundos de locais distantes e de difícil acesso; eliminação do problema causado pela assincronia na maturidade gonadal entre machos e fêmeas; utilização de gametas de animais selecionados em programas de melhoramento ou manipulados geneticamente (triploides, clones e transgênicos); diminuição de custos e riscos de transporte de animais vivos; e estabelecimento de programas de hibridização utilizando peixes com períodos reprodutivos diferentes (SUQUET *et al.* 2000; LINHART *et al.*, 2005; TIERSCH *et al.* 2007; MARIA *et al.*,

2009; GWO, 2011). RURANGAWA *et al.*, 2004). Informações relevantes e a descrição mais detalhada sobre os métodos de conservação de sêmen de peixes, comparações entre as técnicas e suas peculiaridades podem ser encontradas nas revisões publicadas por Suquet *et al.* (2000), Viveiros & Godinho (2009), Zaniboni Filho & Baldisserotto (2015), Magnotti *et al.* (2018b)

O sucesso na aplicação destas técnicas não depende somente da qualidade dos espermatozoides (OTSUBO, 2010). Cuidados como redução da temperatura, fornecimento e troca de gases, prevenção do desenvolvimento bacteriano e prevenção da desidratação são determinantes para o sucesso do resfriamento (PEÑARANDA *et al.*, 2010). A composição dos diluentes, diluição do sêmen, tipo e concentração dos crioprotetores, tipo e concentração dos ativadores espermáticos também são de grande importância. Para isso, deve-se definir protocolos específicos para a conservação de sêmen de cada espécie, pois tendem a apresentar diferentes sensibilidades de seus espermatozoides a estas diluições e substâncias (MURGAS *et al.*, 2007).

CARACTERIZAÇÃO DO SÊMEN

A caracterização do sêmen de uma espécie é de grande importância para o desenvolvimento de técnicas de fertilização *in vitro* e de manejo e conservação. Diversos autores já descreveram as diferenças de qualidade no sêmen entre indivíduos de uma mesma espécie, devido idade diferente, fase do ciclo reprodutivo, fatores nutricionais, genética, entre outros (RANA, 1995; DREANNO *et al.*, 1999; SUQUET *et al.*, 2000; CABRITA *et al.*, 2014; VALDEBENITO *et al.*, 2015; MAGNOTTI *et al.* 2018c), que podem influenciar diretamente nos resultados de fertilização.

Os espermatozoides dos peixes ficam estocados no trato genital, mesclados ao fluido seminal. Eles só se tornam móveis e são ativados metabolicamente após contato com a água (RURANGAWA *et al.*, 2004; FIGUEROA *et al.*, 2014). Muitos estudos foram realizados em espécies de peixes de água doce, mas ainda são poucas as informações quanto as características do sêmen de peixes marinhos. Neste último grupo, a ativação da motilidade ocorre imediatamente após o contato com a água salgada, um meio com maior osmolalidade do que o fluido seminal. (COSSON *et al.* 2008).

A qualidade do sêmen pode ser determinada pela avaliação de parâmetros como: motilidade e integridade da membrana plasmática, volume ejaculado, pH e osmolalidade do plasma, concentração de espermatozoides, morfologia espermática, entre outros, sendo a motilidade espermática o fator mais utilizado para esta avaliação (BILLARD *et al.*, 1995; COSSON *et al.*, 1999; SALGUEIRO; NUNES, 1999; RURANGAWA *et al.*, 2004). Conhecendo estes parâmetros é possível

escolher os indivíduos mais adequados, que possuem o sêmen com as características desejadas, para o seu uso durante o procedimento de reprodução e serve de base para a escolha de um diluidor e/ou ativador espermático para a espécie. A importância de cada um destes fatores para a análise de qualidade do sêmen é descrita por Rurangawa *et al.* (2004) e os métodos analíticos atualmente utilizados para avaliar cada fator é bem detalhado e discutido por Fauvel *et al.* (2010), Cabrita *et al.* (2014), Figueroa *et al.* (2016).

CRIOPRESERVAÇÃO LENTA E ULTRARRÁPIDA (VITRIFICAÇÃO) DE SÊMEN DE PEIXES

O primeiro trabalho com congelação de sêmen de peixes foi realizado em 1953 por Blaxter e viabilizou o cruzamento de populações diferentes do arenque do Atlântico (*Clupea harengus*) que possuem desova em épocas diferentes do ano (SUQUET *et al.*, 2000; LIU *et al.*, 2006). Protocolos de conservação de sêmen foram experimentalmente determinados para mais de 200 espécies de peixes (BILLARD; ZHANG, 2001; GWO, 2011), sendo aproximadamente 40 espécies de peixes marinhos (SUQUET *et al.*, 2000; GWO, 2011).

A criopreservação de sêmen de peixes marinhos normalmente apresenta melhores resultados de taxa de motilidade e capacidade de fertilização após descongelação, como em sea bass e turbot, que apresentam média de sobrevivência embrionária de 80% após fecundação com sêmen criopreservado, enquanto para espécies como salmão-do-atlântico, truta-arco-íris e carpa apresentam médias de 65% de sobrevivência (SCOTT; BAYNES, 1980; SUQUET *et al.*, 2000; GWO, 2011). Estes resultados provavelmente estão relacionados à adaptação das espécies marinhas a elevadas pressões osmóticas (CUEVAS-URIBE *et al.*, 2013).

Nos últimos anos, devido ao rápido desenvolvimento da aquicultura e aos problemas de conservação enfrentados por algumas espécies de peixes, a criopreservação tem desempenhado um papel importante na congelação de gametas para proteger peixes de alto valor econômico e biológico. Entre os salmonídeos, estão incluídos a truta-arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), truta marrom (*Salmo trutta*), brook trout (*Salvelinus fontinalis*) e charr (*Salvelinus alpinus*) (LAHNSTEINER *et al.*, 1996; CABRITA *et al.*, 1998; MARTÍNEZ-PÁRAMO *et al.*, 2009). Outras espécies de interesse comercial e que necessitam de proteção como os esturjões: beluga (*Huso huso*), sterlet (*Acipenser ruthenus*), pallid (*Scaphirhynchus albus*) Siberiano, Europeu e Russo (*Aythya baeri*, *Acipenser sturio*, *Acipenser gueldenstaedtii*) e os shortnose (*Acipenser brevirostrum*) (GLOGOWSKI *et al.*, 2002; HORVÁTH *et al.*, 2005, 2006; HORVÁTH *et al.*, 2008; CABRITA *et al.*, 2010); alguns catfish como o African e o European

catfish (*Clarias gariepinus*, *Silurus glanis*) e carpas como a carpa comum (*Cyprinus carpio*) e a carpa prateada (*Hypophthalmichthys molitrix*) (HORVÁTH; URBANYI, 2000; SUQUET *et al.* 2000; ÁLVAREZ *et al.*, 2008; MAISSE *et al.*, 2008; VIVEIROS; KOMEN, 2008; CABRITA *et al.*, 2010).

No entanto, a maioria desses estudos é projetada para selecionar parâmetros técnicos, analisando a viabilidade e qualidade espermática para obter maior viabilidade do que em estudos feitos em peixes de água doce. Vários fatores como a taxa de congelação ou descongelação, os efeitos da concentração de crioprotetores sobre a fertilização, o tempo de equilíbrio e os métodos de aquecimento não foram medidos, relatados ou rigorosamente testados em algumas espécies (LIU *et al.*, 2006; GWO, 2011). De acordo com Suquet *et al.* (2000) esta tendência está em consonância com os padrões mundiais: existe uma falta de investigação que dê descrições completas das alterações morfológicas e metabólicas geradas pelas técnicas de conservação do sêmen. Gwo (2011) observa que a maioria dos trabalhos ainda é realizada empiricamente, com base em resultados obtidos por tentativa e erro, e que não foi produzido nenhum protocolo padronizado. Muitas questões não resolvidas ainda permanecem sobre as técnicas de criopreservação dos espermatozoides de peixes marinhos de interesse econômico e ambiental (CAROLSFELD *et al.*, 2003).

PROTOCOLOS DE CRIOPRESERVAÇÃO

A criopreservação é a conservação de material biológico em nitrogênio líquido a -196 °C, o que teoricamente permite que sua viabilidade seja mantida indefinidamente (CAROLSFELD *et al.*, 2003; BAKHACH, 2009). A esta temperatura, a estrutura e o funcionamento das células e tecidos vivos são mantidos, mantendo-os geneticamente viáveis e reversivelmente inativos, a partir de uma perspectiva metabólica (PEGG, 2007; BAKHACH, 2009). Este método pode ser utilizado reduzindo a temperatura do material lentamente (método tradicional) ou rapidamente (vitrificação) (MERINO *et al.*, 2012; CUEVAS-URIBE *et al.*, 2013; FIGUEROA *et al.*, 2015).

A diferença prática entre eles é que o método comum de criopreservação faz com que os cristais de gelo se formem no meio extracelular, enquanto que não se formam cristais na vitrificação (CUEVAS-URIBE *et al.*, 2013). Após os anos 2000 até 2022 foram estudados os parâmetros para a criopreservação por congelação lenta e ultrarrápida (vitrificação) em mais de 35 espécies de peixes marinhos de interesse comercial ou em perigo de extinção.

CONGELAÇÃO LENTA

Maria & Carneiro (2012) citam que a sequência de eventos normalmente relacionados à criopreservação de sêmen de peixes envolve etapas como: 1. Coleta do sêmen; 2. Avaliação microscópica da qualidade seminal; 3. Adição de diluidores e crioprotetores; 4. Envase; 5. Congelação e armazenamento; 6. Descongelação; 7. Fertilização e acompanhamento do desenvolvimento embrionário e larval. Segundo Gwo (2011) as possíveis variáveis que podem influenciar na capacidade de fertilização dos espermatozoides criopreservados são: 1. diluidores; 2. diluições; 3. crioprotetores; 4. concentração dos crioprotetores; 5. tempo de equilíbrio; 6. velocidade de congelação; 7. método de congelação; 8. temperatura de descongelação; 9. qualidade do espermatozoide; 10. qualidade dos ovócitos e 11. relação espermatozoide/ovócitos. Estes onze pontos listados por Gwo (2011) são importantes, pois as espécies de peixe tendem a apresentar diferentes sensibilidades de seus espermatozoides as diluições e substâncias empregadas na criopreservação de sêmen, sendo necessário desenvolver protocolos específicos para cada uma (MURGAS *et al.*, 2007; TIERSCH *et al.*, 2007). Suquet *et al.* (2000) apresentam uma tabela com os diluentes mais utilizados antes dos anos 2000, Magnotti *et al.* (2018b) de 2000 a 2015, para espécies marinhas, enquanto Cabrita *et al.* (2010), Gwo (2011) e Figueroa *et al.* (2015) apresentam atualizações das tabelas e resultados de fertilização, com os protocolos e fórmulas dos diluidores utilizados, crioprotetores e sobre o uso de plasma seminal, mas principalmente para espécies de água doce.

O primeiro passo para desenvolver um protocolo de criopreservação é escolher a composição apropriada para o diluidor, normalmente uma solução salina ou solução de glicose com osmolalidade apropriada, e um agente crioprotetor (VIVEIROS *et al.*, 2012). A característica mais importante de um diluidor é que não inicie a motilidade dos espermatozoides (GWO, 2011), que seja estável ao longo do armazenamento e estéril. Esta solução tem o propósito de diluir o sêmen dos peixes, que normalmente apresentam alta viscosidade e em alguns casos pequeno volume.

Nos últimos anos, a maioria dos diluidores usados em peixes marinhos apresentam em sua composição sais, buffer tris (estabilizador de pH), pequena quantidade de açúcar mono ou dissacarídeos (glicose, sacarose, frutose, lactose, trealose e outros) e proteína (*bovine serum albumin* (BSA)) com pH entre 7.0 e 8.2 e osmolalidade entre 205 e 400 mOsMol kg⁻¹ (MAGNOTTI *et al.*, 2018b). A adição de um açúcar facilmente metabolizável no diluidor tem o objetivo fornecer energia para os espermatozoides e é naturalmente encontrado no plasma seminal de mamíferos, insetos, nematóides e peixes (GREGORY, 1968; BOZKURT *et al.*, 2009). A BSA tem papel de antioxidante eliminando os

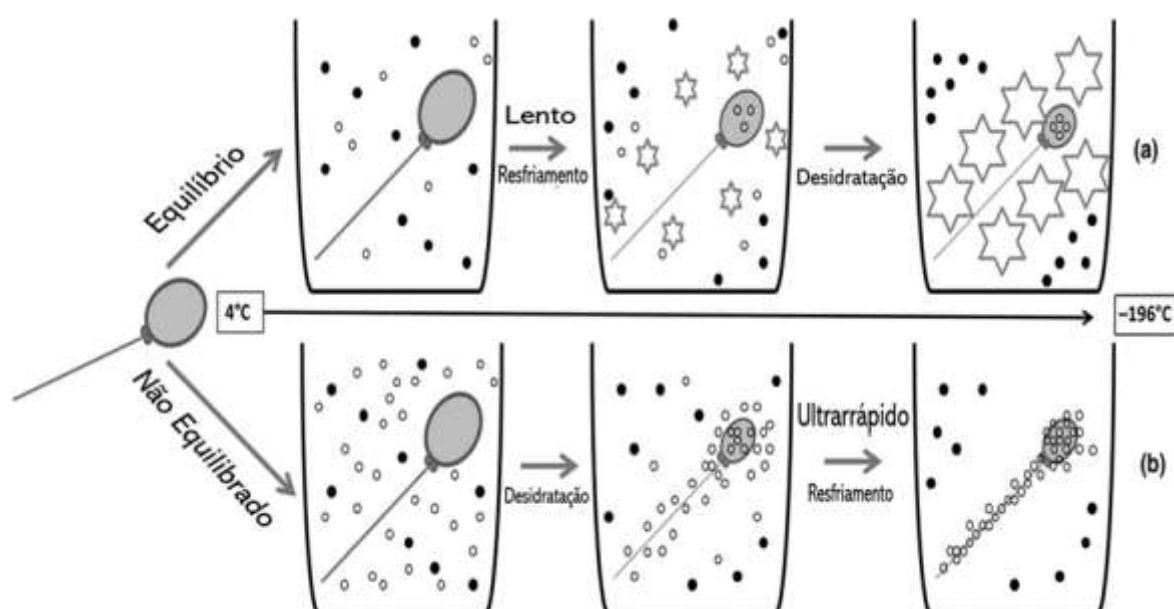
radicais livres gerados por estresse oxidativo e protege a integridade da membrana celular da peroxidação dos lipídios, também interage diretamente com as membranas e impede a aderência de espermatozoides entre si (aglutinação) (LEWIS *et al.*, 1997).

Algumas outras substâncias podem ser adicionadas para melhorar a proteção das células contra os efeitos da congelção, parâmetros fisiológicos pós aquecimento e ativação dos espermatozoides. Ácidos orgânicos em baixa concentração, 1 mM de taurina ou hipotaurina, aumentaram a motilidade, a velocidade e linearidade no movimento dos espermatozoides de European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) criopreservados em meio NAM e 10% DMSO pós ativação e analisados com CASA (Computer Assisted Sperm Analysis) (MARTÍNEZ-PÁRAMO *et al.*, 2013). Substâncias antioxidantes como o ácido ascórbico, vitamina E, glutathione reduzida e metionina reduzida, carnitina e ácido úrico podem ser adicionados com objetivo de eliminar radicais dos tipos superóxido, peróxido e hidróxido que conduzem a peroxidação dos fosfolipídios na mitocôndria, causando a morte da célula espermática (CIERESZCO; DABROWSKI, 1995; ANGHEL *et al.*, 2010). Sua efetividade foi comprovada para peixes teleósteos dulcícolas por Lahnsteiner (2009), Lahnsteiner *et al.* (2010), Lahnsteiner & Mansour (2010) e Ubilla & Valdebenito (2011).

O crioprotetor tem a função de proteger a célula contra a formação de cristais de gelo intracelular e a excessiva desidratação, que produzem quebras irreversíveis nas membranas plasmática e nuclear (danificando o DNA) e alterações nas organelas da célula (CABRITA *et al.*, 2005). Os crioprotetores podem ser divididos em dois grupos: ação intracelular e ação extracelular. Os do primeiro grupo são capazes de permear a membrana celular; São geralmente de baixo peso molecular (PM: 400 Da), não eletrolíticos e altamente solúveis em água (BAKHACH, 2009; CUEVAS-URIBE; TIERSCH, 2011). Os compostos mais comuns são: dimetilsulfoxido (DMSO), dimetilacetamida (DMA), glicerol (Gly), 1-2 propanediol, etileno glicol (EG), metil glicol (2-methoxyethanol), propileno glicol (PG), metanol (MeOH) e 2.3-butanediol (BD). Porém, a maioria destas substâncias são tóxicas e sua concentração e tempo de equilíbrio pode causar efeitos negativos na fisiologia espermática, como um choque osmótico ou problemas bioquímicos, (TIERSCH, 2011). De acordo com Suquet *et al.* (2000) e Liu *et al.* (2006) o dimetilsulfoxido (DMSO) é considerado um crioprotetor que apresenta bons resultados para a maioria das espécies de peixes. Nos últimos quinze anos de pesquisa, o DMSO também foi testado e aprovado para a maioria das espécies marinhas estudadas, assim como o crioprotetor propilenoglicol (PG). O intervalo de concentração que apresentaram melhores resultados na maioria das pesquisas foi de 5 a 15%, com predominância nos 10% em relação ao volume final das (MAGNOTTI *et al.*, 2018b).

O segundo grupo é composto por substâncias não permeáveis de grande peso molecular e podem ser açúcares mono, di e polissacarídeos, macromoléculas como a polyvinylpyrrolidone (PVP) e hydroxyethyl starch (HES) (BAKHACH, 2009), lipoproteínas e proteínas derivadas do leite, gema de ovo e óleos vegetais (MORAES *et al.*, 1998). As macromoléculas possuem duas funções, aumentar a osmolalidade do espaço extracelular fazendo com que ocorra a desidratação das células durante o resfriamento e prevenir o inchaço osmótico excessivo durante o aquecimento (CUEVAS-URIBE; TIERSCH, 2011; MAGNOTTI *et al.* 2018b; Figura 1). O mecanismo pelo qual os açúcares atuam para bio-estabilizar a célula e como substrato energético (por exemplo, glicose, trealose, sacarose etc.) e a modulação efetuada pela sua concentração ainda precisam de ser elucidados e devem ser sistematicamente avaliados (CUEVAS-URIBE *et al.*, 2013).

Figura 1. (a) A congelação equilibrada implica o uso de crioprotetores e congelação lenta para produzir desidratação e contração celular. Os crioprotetores permeáveis (o) diminuem o ponto de congelação da solução e prolongam o tempo de desidratação durante a congelação, minimizando assim o choque osmótico e evitando a desidratação excessiva das células. Os crioprotetores não permeáveis (●) auxiliam a desidratação celular e estabilizam a membrana durante a criopreservação. Uma vez que os primeiros cristais de gelo extracelulares formam à medida que a temperatura cai, mais água é incorporada nos cristais. Estes crescem, criando uma condição hipertônica que produz desidratação osmótica. A combinação do aumento dos solutos intracelulares e da redução da temperatura aumenta a viscosidade da solução até atingir a temperatura eutética (-40° C). Neste ponto, a solução descongelada remanescente solidifica (vitrificação parcial). (B) A vitrificação sem equilíbrio envolve a utilização de concentrações elevadas de crioprotetores para desidratar a célula e substituir a água intracelular antes da congelação começar. Essa congelação ultrarrápida evita a formação de cristais de gelo nas células e no meio circundante durante a congelação. O resultado é que a solução se solidifica no estado vítreo, sem formação de cristais (vitrificação total).



(Fonte: Modificado de Magnotti et al., 2018b)

Quando o plasma seminal é incorporado na criopreservação reduz os efeitos nocivos dos crioprotetores e aparece como um agente crioprotetor e antioxidante que protege a função do

esperma em peixes (FIGUEROA *et al.*, 2015). Uma série de substâncias antioxidantes são encontradas no plasma seminal (ácido ascórbico, carnitina, glutatona, metionina, tocoferol e ácido úrico) e enzimas de defesa oxidativa (catalase, glutatona redutase, peroxidase e superóxido dismutase) que poderiam ajudar a proteger as células criopreservadas (LAHNSTEINER *et al.*, 2007; LAHNSTEINER, 2009; LAHNSTEINER *et al.*, 2010; LAHNSTEINER; MANSOUR, 2010).

Lahnsteiner *et al.* (2010) e Lahnsteiner & Mansour (2010) relatam que o ácido úrico é o principal antioxidante encontrado no sêmen de burbot (*Lota lota*), perch (*Perca fluviatilis*), bleak (*Alburnus alburnus*) e truta marrom (*Salmo trutta*) e que é capaz de aumentar a motilidade espermática e a integridade das membranas. Liu *et al.* (1995) sugerem que a proteção antioxidante para os espermatozoides de mamíferos também está relacionada a proteínas do plasma seminal, e Sasaki *et al.* (1996) a atribui a frações de proteínas de baixo peso molecular. Segundo Lahnsteiner (2007), lipoproteínas do plasma seminal de truta arco-íris são capazes de manter a composição lipídica da membrana citoplasmática e aumentar a crioestabilidade dos espermatozoides. Porém a capacidade antioxidante do plasma seminal é insuficiente para prevenir a peroxidação dos lipídios durante a congelação, devendo ser suplementados pelo diluidor e outros crioprotetores (FIGUEROA *et al.*, 2015).

CONGELAÇÃO ULTRARRÁPIDA (VITRIFICAÇÃO)

O método de vitrificação consiste na imersão direta das amostras de pequeno volume no nitrogênio líquido e já foi aplicada com sucesso em espermatozoides de peixes como a truta arco-íris e o salmão do Atlântico (MERINO *et al.*, 2011; MERINO *et al.*, 2012; CUEVAS-URIBE *et al.*, 2013; FIGUEROA *et al.*, 2013; FIGUEROA *et al.*, 2015). Entretanto, até o momento somente Cuevas-Uribe *et al.* (2013) e Magnotti *et al.*, (2022) aplicaram a técnica para sêmen de peixes marinhos.

Saragusty & Arav (2011) relatam que a simplicidade e velocidade são os maiores benefícios desta técnica, quando comparada à criopreservação tradicional. A vitrificação não necessita de equipamentos especializados e pode facilmente ser aplicada em procedimentos dentro de plantas de produção e trabalho de campo em áreas de difícil acesso. Para a sua aplicação, além dos onze pontos críticos existentes na criopreservação de sêmen, existem outros de grande importância: 1. Número de passos para adicionar e remover o crioprotetor; 2. Técnica utilizada para a vitrificação (influenciam sobre a taxa de resfriamento e o tamanho da capa de vapor); 3. Viscosidade e volume das amostras (YAVIN; ARAV, 2007); 4. Pressão absoluta (pressões hidrostáticas elevadas diminuem a temperatura homogênea de nucleação e aumentam a temperatura de transição vítrea) (RABIN; STEIF, 2009). A

diferença básica da vitrificação para a técnica de criopreservação lenta, é que durante a imersão direta em nitrogênio líquido, a viscosidade do meio é aumentada e as moléculas de água presentes na amostra não conseguem se arranjar para a formação de uma estrutura cristalina, formando assim uma forma amorfa de água sólida (vitrificada) (CUEVAS-URIBE; TIERSCH, 2011).

O objetivo do método é alcançar a transição vítrea o mais rápido possível por meio de um resfriamento rápido ou aumentando a concentração de crioprotetores (CUEVAS-URIBE; TIERSCH, 2011). Porém, o aumento da concentração dos crioprotetores gera mais efeitos tóxicos para as células como choque osmótico, modificações na permeabilidade da membrana celular e elevadas taxas de fragmentação do DNA. Geralmente uma mistura de crioprotetores com características diferentes é mais recomendada para a técnica. Deste modo, é possível utilizá-los em baixas concentrações e obter boa formação vítrea, com baixa toxicidade devido à soma das propriedades dos crioprotetores. (SARAGUSTY; ARAV, 2011). Por exemplo, HSA (human serum albumin) + 0.25 M sacarose são utilizados como crioprotetores não permeáveis com sucesso na vitrificação sêmen de humanos pela técnica de gotejamento em nitrogênio líquido (ISACHENKO *et al.*, 2008).

Cuevas-Urbe *et al.* (2013) testaram oito crioprotetores em diferentes concentrações e verificaram que a mistura de substâncias permeáveis e não permeáveis propicia melhores resultados do que usar somente um crioprotetor em elevadas concentrações. Neste experimento a mistura 15% DMSO + 15% EG + 10% Gly + 1% X-1000™ (X) + 1% Z-1000™ (Z) resultou em uma melhor taxa de vitrificação, motilidade e integridade da membrana do sêmen de red snapper (*Lutjanus campechanus*), spotted seatrout (*Cynoscion nebulosus*) e red drum (*Sciaenops ocellatus*). Porém, também obtiveram elevada porcentagem de vitrificação com bons resultados de motilidade e integridade da membrana utilizando a mistura de outros compostos permeáveis e não permeáveis (ex: 10% DMSO + 30% EG + 0.25 M trealose). Essa mesma mistura de crioprotetores foi utilizada com sucesso na vitrificação do sêmen da tainha (*Mugil liza*), com 66% de motilidade e 62% de sobrevivência das células para o tempo de exposição máximo de 2 minutos (MAGNOTTI *et al.*, 2022).

Mais recentemente, o plasma seminal foi empregado como crioprotetor na vitrificação de sêmen de salmonídeos com sucesso. Merino *et al.* (2011) e Merino *et al.* (2012) usaram diluidor Cortland® + 1% BSA e substituíram o crioprotetor permeável por 40% de plasma seminal na vitrificação do sêmen de truta arco-íris (*O. mykiss*), obtendo >80% de motilidade, >82% de integridade da membrana plasmática e 55% de integridade no potencial da membrana mitocondrial. Figueroa *et al.* (2013) e Figueroa *et al.* (2015) utilizaram diluidor Cortland® + 10% DMSO + 2% BSA + 0.13M sucrose + 30, 40 ou 50% de plasma

seminal na vitrificação do sêmen de truta arco-íris com sexo revertido (*O. mykiss*) e salmão do Atlântico (*S. salar*), respectivamente. Os autores conseguiram melhores resultados de motilidade, integridade da membrana plasmática, potencial da membrana mitocondrial e fertilização quando adicionado 50% de plasma seminal como crioprotetor. De modo geral os peixes marinhos produzem sêmen com maior viscosidade, e menor volume do que peixes dulcícolas, entretanto o uso da porção total do plasma seminal, frações ou de proteínas extraídas e purificadas, deverão ser considerados e testados futuramente como crioprotetores para a criopreservação do sêmen de espécies de peixes marinhos.

PERSPECTIVAS FUTURAS

Nos últimos anos a pesquisa com conservação de sêmen de peixes marinhos tem se intensificado. Entretanto, a maior parte delas aborda somente questões técnicas modificando diluidores e crioprotetores e seu resultado na motilidade dos espermatozoides. Poucos apresentam uma abordagem mais aprofundada para compreender os efeitos na fisiologia e morfologia das células causados por estas substâncias químicas e pela conservação via criopreservação por congelamento lento “slow freezing” e ultrarrápida (vitrificação). No futuro, técnicas celulares e moleculares terão que ser usadas para caracterizar os criodanos (FIGUEROA *et al.*, 2014). Técnicas para verificar a integridade da membrana plasmática (ex: citometria de fluxo (SYBR 14/PI) e microscopia óptica (eosina)), fragmentação do DNA (ex: TUNEL) e para verificar a integridade mitocondrial via análise de potencial de membrana mitocondrial (ex: microscopia de epifluorescência e citometria de fluxo (Rhodamine e JC-1) são recomendadas por Figueroa *et al.* (2014). Outra tecnologia, como o CASA, tem sido utilizada para avaliar os padrões de motilidade em espermatozoides criopreservados como o objetivo de avaliar os efeitos de diferentes crioprotetores e caracterizar diferentes subpopulações de espermatozoides em amostras de sêmen, bem como avaliar o efeito da criopreservação na estrutura espermática (BILLARD *et al.* 1993; COSSON *et al.* 2008; COSSON 2010).

A adição de novas substâncias aos diluentes e aos novos crioprotetores também é recomendada para se obter progresso nessas técnicas. A aplicação de substâncias já experimentadas e testadas em espécies de água doce pode produzir bons resultados em espécies marinhas. Por exemplo, suplementação de diluentes com antioxidantes e adição de ácidos orgânicos, e utilização de plasma seminal macromolecular como um crioprotetor não permeável na criopreservação e vitrificação.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, B. et al. Use of post-thaw silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) spermatozoa to increase hatchery productions. In: *Methods in Reproductive Aquaculture: Marine and Freshwater Species. Biology Series*. E. Cabrita et al.(Eds), CRCPress (Taylor and Francis group), p. 345–350, 2008.
- ANGHEL, A. et al. The effects of antioxidants on the cytological parameters of cryopreserved buck semen. *Romanian Biotechnological Letters* 15 (3); 26-32, 2010.
- BAKHACH, J. The cryopreservation of composite tissues: principles and recent advancement on cryopreservation of different type of tissues. *Organogenesis* 5 (3): 119-126, 2009.
- BILLARD, R.; ZHANG, T. Technique of genetic resources banking fish. In: Watson PF, Holt WV (eds.) *Cryobanking the Genetic resource: Wildlife Conservation for the Future*, p. 143-170. Taylor & Francis, London. 2001.
- BILLARD, R.; COSSON, J.; CRIM, L. Motility of fresh and aged halibut sperm. *Aquat Living Resour*, v. 6, p. 67-75, 1993.
- BILLARD, R.; COSSON, J.; CRIM, L.; SUQUET, M. Sperm physiology and quality, in: Bromage, N.R., Roberts, R.J. (Eds.), *Broodstock management and egg and larval quality*. Blackwell Science, Boston, p. 25-52, 1995.
- BOZKURT, Y. et al. Effects of seminal plasma composition on sperm motility in mirror carp (*Cyprinus carpio*). *Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, v. 61, p. 307–314, 2009.
- CABRITA, E. et al. Cryopreservation of fish sperm: applications and perspectives. *Journal of Applied Ichthyology*, v. 26, p. 623-635, 2010.
- CABRITA, E. et al. Evaluation of gilthead sea bream, *Sparus aurata*, sperm quality after cryopreservation in 5 mL macrotubes. *Cryobiology* 50 (3), p. 273-284, 2005.
- CABRITA, E. et al. Factors enhancing fish sperm quality and emerging tools for sperm analysis. *Aquaculture*, v. 432, p. 389-401, 2014.
- CABRITA, E. et al. Sublethal damage during cryopreservation of rainbow trout sperm. *Cryobiology*, v. 37, p. 245–253, 1998.
- CABRITA, E. et al. Successful cryopreservation of sperm from sex-reversed dusky grouper, *Epinephelus marginatus*. *Aquaculture*, v. 287, p. 152-157, 2009.
- CAROLSFELD, J. et al. Cryopreservation of sperm in Brazilian migratory fish conservation. *Journal of Fish Biology*, v. 63, p. 472-481, 2003.
- CASTRO, J. J.; TEIXEIRA, E. G. Resfriamento do sêmen de pescada amarela (*Cynoscion acoupa*). In: XXVI Seminário de iniciação científica, pesquisa e inovação integradas ao conhecimento acadêmico, 2014, São Luis. Livros de Resumos. São Luis: UEMA, p. 728-730, 2014b.
- CASTRO, J. J. P. et al. Refrigeração do sêmen de pescada amarela, *Cynoscion acoupa*. In: XIX Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca, 2014, São Luis. Trabalhos Científicos, p. 603-607, 2014a.

- CAYLOR, R. E.; BIESIOT, P. M.; FRANKS, J. S. Culture of cobia (*Rachycentron canadum*): cryopreservation of sperm and induced spawning. *Aquaculture*, Amsterdam, 125(1-2), p. 81-92, 1994.
- CIERESZKO, A.; DABROWSKI, K. Sperm quality and ascorbic acid concentration in rainbow trout semen are affected by dietary vitamin C: an across-season study. *Biology of Reproduction*, v. 52, p. 982-988, 1995.
- COSSON, J. et al. Marine fish spermatozoa: racing ephemeral swimmers. *Reproduction*, 136(3), p. 277-294, 2008.
- COSSON, J. Frenetic activation of fish spermatozoa flagella entails short term motility, portending their precocious decadence. *Journal of Fish Biology*, v. 76, p. 240– 279, 2010.
- COSSON, J.; BILLARD, R.; CIBERT, C.; DREANNO, C.; SUQUET, C. Ionic factors regulating the motility of fish sperm, in: Gagnon, C. (Ed.), *The male gamete: from basic knowledge to clinical applications*. Cache River Press, Paris, p. 161-186, 1999.
- CUEVAS-URIBE, R. et al. Vitriification of sperm from marine fish: effect on motility and membrane integrity. *Aquaculture Research*. doi: 10.1111/are.12337, 2013.
- CUEVAS-URIBE, R.; TIERSCH, T.R. Non-Equilibrium vitrification: an introduction and review of studies done in fish. In: TIERSCH TR; GREEN CC (eds.) *Cryopreservation in Aquatic Species*, 2nd Edition. p. 309-324. World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, 2011.
- DREANNO, C. et al. Effect of the aging process on the quality of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) semen. *Journal of Applied Ichthyology-Zeitschrift Fur Angewandte Ichthyologie*, v.15, p. 176-180, 1999.
- FAUVEL, C.; SUQUET, M.; COSSON, J. Evaluation of fish quality. *Journal of Applied Ichthyology*, 26(5): 636-643, 2010.
- FIGUEROA, E. et al. Spermatozoa vitrification of sex-reversed rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*): Effect of seminal plasma on physiological parameters. *Aquaculture* 372 (5): 119-126, 2013.
- FIGUEROA, E.; VALDEBENITO, I.; FARIAS, J. Technologies used in the study of sperm function in cryopreserved fish spermatozoa. *Aquaculture Research*. 2014. doi:10.1111/are.12630
- FIGUEROA, E.; VALDEBENITO, I.; FARIAS, J. Technologies used in the study of sperm function in cryopreserved fish spermatozoa. *Aquaculture Research* 47(6), 1697-1705, 2016.
- FIGUEROA, E. et al. Effect of seminal plasma on Atlantic salmon (*Salmo salar*) sperm vitrification. *Theriogenology* 83: 238-245, 2015.
- GAITÁN-ESPITIA, J.D. et al. Cryogenic preservation of sperm from lane snapper (*Lutjanus synagris*): Testing the effects of extenders and freezing rates on sperm quality. *Aquaculture*, 394-397: 6-12, 2013.
- GLOGOWSKI, J. et al. Fertilization rate of Siberian sturgeon (*Acipenser baeri* Brandt) milt cryopreserved with methanol. *Aquaculture* 211, 367–373, 2002.
- GREGORY, R.W. Occurrence of fructose in trout seminal plasma. *Transactions of the American Fisheries Society* 97(2): 203-204, 1968.

GWO, J. C. Cryopreservation of sperm of some marine fishes. In: Tiersch TR, Green CC (eds.) Cryopreservation in Aquatic Species, 2nd Edition. p. 459-481. World Aquaculture Society. Baton Rouge. Louisiana. 2011.

HORVÁTH, A. et al. Viability and fertilizing capacity of cryopreserved sperm from three North American Acipenseriform species: a retrospective study. *Journal of Applied Ichthyology* 24, 443–449, 2008.

HORVÁTH, A. et al. Improved cryopreservation of sperm of paddlefish (*Polyodon spathula*). *J. World Aquac. Soc.* 37, 356–362, 2006.

HORVÁTH, A. et al. The relationship of cryoprotectants methanol and dimethyl sulfoxide and hyperosmotic extenders on sperm cryopreservation of two North-American sturgeon species. *Aquaculture* 247, p. 243–251, 2005.

HORVÁTH, A.; URBANYI, B. The effect of cryoprotectants on the motility and fertilizing capacity of cryopreserved African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) sperm. *Aquaculture Research* 31, 317–324, 2000.

ISACHENKO, E. et al. Acrosomal status and mitochondrial activity of human spermatozoa vitrified with sucrose. *Reproduction* 136:167–173, 2008.

LAHNSTEINER, F. The role of free amino acids in semen of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* and carp *Cyprinus carpio*. *Journal of Fish Biology* 75: 816-833, 2009.

LAHNSTEINER, F. et al. The influence of various cryoprotectants on semen quality of the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) before and after cryopreservation. *Journal of Applied Ichthyology* 12, 99–106, 1996.

LAHNSTEINER, F. Characterization of seminal plasma proteins stabilizing the sperm viability in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Animal Reproduction Science* 97: 151-164, 2007.

LAHNSTEINER, F.; MANSOUR, N.; PLAETZER, K. Antioxidant systems of brown trout (*Salmo trutta* f. fario) semen. *Animal Reproduction Science* 119: 314-321, 2010.

LAHNSTEINER, F.; MANSOUR, N. A comparative study on antioxidant systems in semen of species of the percidae, salmonidae, cyprinidae, and lotidae for improving semen storage techniques. *Animal Reproduction Science* 307: 130-140, 2010.

LANES, C. F. C. et al. Cryopreservation of Brazilian flounder (*Paralichthys orbignyanus*) sperm. *Aquaculture*, 275: 361-365, 2008.

LEWIS, S. E. et al. Comparison of individual antioxidants and total antioxidant capacity of sperm and seminal plasma in fertile and infertile men. *Fertility and Sterility* 67:142-147, 1997.

LINHART, O. et al. Cryopreservation of European catfish *Silurus glanis* sperm: sperm motility, viability, and hatching success of embryos. *Cryobiology* 51: 250-261, 2005.

LIU, Q. et al. An efficient methodology for cryopreservation of spermatozoa of red sea bream, *Pagrus major*, with 2-mL cryovials. *Journal of the World Aquaculture Society* 37 (3): 289- 297, 2006.

LIU, X. et al. Cloning and expression of Stat5 and an additional homologue (Stat5b) involved in prolactin signal transduction in mouse mammary tissue. *Proceedings of National Academy of Science* 92: 8831-8835, 1995.

MAGNOTTI, C. et al. Short-term storage of lebranche mullet *Mugil liza* (Valenciennes, 1836) semen in natura and diluted with CF-HBSS. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 40. 2018a.

MAGNOTTI, C. et al. Cryopreservation and vitrification of fish semen: a review with special emphasis on marine species. *Reviews in Aquaculture*, 10(1), 15-25, 2018b.

MAGNOTTI, C. et al. Sperm characteristics of wild and captive lebranche mullet *Mugil liza* (Valenciennes, 1836), subjected to sperm activation in different pH and salinity conditions. *Animal reproduction science*, v. 192, p. 164-170, 2018c.

MAGNOTTI, C. et al. Spermatological characteristics and effects of cryopreservation in Lebranche mullet spermatozoa (*Mugil liza* Valenciennes, 1836): First report of ultra-rapid freezing. *Animal Reproduction Science*, v. 241, p. 106986, 2022.

MAISSE, G.; OGIER DE BALNY, B.; LABBÉ, C. Cryopreservation of testicular sperm from European catfish (*Silurus glanis*). In: *Methods in Reproductive Aquaculture: Marine and Freshwater Species Biology SERIES*. E. et al. (Eds), CRC Press (Taylor and Francis group), p. 397–401, 2008.

MARIA, A. N.; AZEVEDO, H. C.; CARNEIRO, P. C. F. Crioconservação de sêmen de peixes no contexto do agronegócio da piscicultura. In: TAVARES-DIAS, M. (Org.). *Manejo e sanidade de peixes em cultivo*. Amapá: Embrapa Amapá, v. 1, p. 47- 63, 2009.

MARIA, A.; CARNEIRO, P. Fish semen cryopreservation in Brazil: state of the art and future perspectives. *Ciencia Animal*, 22(1): 124-131, 2012.

MARTÍNEZ-PÁRAMO, S. et al. Cryobanking as tool for conservation of biodiversity: effect of brown trout sperm cryopreservation on the male genetic potential. *Theriogenology* 71, 594–604, 2009.

MARTÍNEZ-PÁRAMO, S. et al. Effect of two sulfur-containing amino acids, taurine and hypotaurine in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) sperm cryopreservation. *Cryobiology* 66 (3): 333-338, 2013.

MERINO, O. et al. Fish (*Oncorhynchus mykiss*) spermatozoa cryoprotectant-free vitrification: Stability of mitochondrion as criterion of effectiveness. *Animal Reproduction Science* 124: 125-131, 2011.

MERINO, O. et al. Cryoprotectant-free vitrification of fish (*Oncorhynchus mykiss*) spermatozoa: first report. *Andrologia* 44: 390-395, 2012.

MORAES, C.N. et al. Etylene glycol for freezing ram semen in pellets. *Ciência Rural* 28(2): 287-292, 1998.

MURGAS, L. D. S. et al. Crioconservação do sêmen de curimba (*Prochilodus lineatus*) mediante adição de diferentes diluidores, ativadores e crioprotetores. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36 (3): 526-531, 2007.

NAKAYAMA, C. L. Reprodução induzida e criopreservação do sêmen de papaterra *Menticirrhus americanus* (Perciformes: Sciaenidae). 2011.89 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Rio Grande, 2011

OLIVEIRA, A.V. et al. Sucesso do resfriamento e congelamento de sêmen de pirapitinga *Brycon nattereri*. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., v. 59, n. 6, p. 1509-1515, 2007.

OTSUBO, R.I. Inseminação artificial da tainha *Mugil Liza* com a utilização de sêmen fresco e crioconservado. Dissertação de mestrado - Programa de Pós graduação em Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca. São Paulo, 2010

PEGG, D. E. Principles of Cryopreservation. In: DAY, J. G.; STACEY, G. N. (Ed.). Methods in molecular biology: cryopreservation and freeze-drying protocols. 2. ed. Totowa: Humana Press Inc. 2007.

PEÑARANDA, D. S. et al. Evaluation of different diluents for short-term storage of European eel sperm under air-limited conditions. Journal of Applied Ichthyology, v. 26, p. 659-664, 2010.

RABIN, Y.; STEIF, P. Solid mechanics aspects of cryobiology. In: BAUST JG, BAUST JM (eds.) Advances in Biopreservation. p. 353-375. CRC Press, Boca Raton, Florida, 2009.

RANA, K. Preservation of gametes, in: Bromage, N.R., Roberts, R.J. (Eds.), Broodstock management and egg and larval quality. Cambridge University, Cambridge. 1995.

RURANGAWA, E. et al. The measurement of sperm motility and factors affecting sperm quality in cultured fish. Aquaculture, Amsterdam, v. 234, n. 1, p. 1-28, Jan./Feb. 2004.

SALGUEIRO, C. C. M.; NUNES, J.F. Estudo de características testiculares e espermáticas de caprinos e ovinos. Rev. Bras. Reprod. Anim., 23: 231-232, 1999.

SANCHES, E. et al. Sperm cryopreservation of Lane snapper *Lutjanus synagris* (Linnaeus, 1758). Brazilian Journal of Biology 75 (3): 662-669, 2015.

SANCHES, E. G. et al. Cryopreservation of mutton snapper (*Lutjanus analis*) sperm. Anais da Academia Brasileira de Ciencias, 85 (3): 1083-1091, 2013.

SANCHES, E.; CERQUEIRA, V. Preservation of refrigerated sperm of the mutton snapper with diluents and modified atmosphere. Pesquisa Agropecuária Brasileira 46 (12): 1673-1680, 2011.

SANCHES, E.; CERQUEIRA, V. Refrigerated Storage of Lane Snapper *Lutjanus synagris* Sperm. Boletim do Instituto de Pesca 35(4): 293-305. 2010.

SANCHES; E. G.; OLIVEIRA, I. R.; SERRALHEIRO, P. C. S. Crioconservação do sêmen da garoupa-verdadeira *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (teleostei, serranidae). B. Inst. Pesca, v. 35, n. 3, p.389 - 399, 2009.

SARAGUSTY, J; ARAV, A. Current progress in oocyte and embryo cryopreservation by slow freezing and vitrification. Reproduction 141: 1-19, 2011.

SASAKI T. et al. Expression of fibulin-2 by fibroblasts and deposition with fibronectin into a fibrillar matrix. Journal of Cell Science 190: 2895-2904, 1996.

SCOTT, A. P.; BAYNES, S. M. A review of the biology, handling and storage of salmonid spermatozoa. *Journal of Fish Biology* 17, 707-739, 1980.

SERRALHEIRO, P. C. S. et al. Criopreservação de sêmen de robalo-peva *Centropomus parallelus* Poey, 1860: pH de meios crioprotetores, concentrações de crio-aditivo e de diluente, velocidades de congelamento e taxa de fertilização. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE AQUICULTURA E BIOLOGIA AQUÁTICA, Vitória. Anais... p.205, 2004.

SERRALHEIRO, P. C. S. et al. Sperm cryopreservation of the fat snook *Centropomus parallelus* Poey, 1860. In: WORLD AQUACULTURE, Salvador,. p.716, 2003.

SERRALHEIRO, P. C. S. et al. Criopreservação do sêmen da tainha *Mugil platanus* em “macro-paillets”. In: REUNIAO ANUAL DO INSTITUTO DE PESCA (1 a RAIP), São Paulo. p.59, 1992.

SERRALHEIRO, P. C. S. et al. O uso de três soluções diluidoras em sêmen de tainha – *Mugil platanus*, Gunther, 1880, resfriado em container de vapor de nitrogênio líquido. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ICTIOLOGIA, São Carlos. Anais... p.508, 1999.

SUQUET, M. et al. Cryopreservation of sperm in marine fish. *Aquaculture Research* 31 (3): 231-243, 2000.

TIBA, R. M. et al. Diluentes e proporções sêmen:diluente na crioconservação do sêmen de robalo-peva *Centropomus parallelus*. *Boletim do Instituto de Pesca*, 35(1): 99-110, 2009.

TIERSCH, T. R. et al. Sperm cryopreservation in fish and shellfish. In: Roldan E, Gomendio M (eds.) *Spermatology*. pp. 493-508. Nottingham University Press, Nottingham, UK. 2007.

TIERSCH, T. R. et al. Transport and cryopreservation of sperm of the common snook, *Centropomus undecimalis* (Bloch). *Aquaculture Research* 35: 278–288, 2004

TIERSCH, T. R. Introduction to the Second Edition. In: TIERSCH TR, GREEN CC (eds.) *Cryopreservation in Aquatic Species*, 2nd Edition. pp.1-17. World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, 2011.

UBILLA, A.; VALDEBENITO, I. Use of antioxidants on rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) sperm diluent: effect on motility and fertilizing capability. *Latin American Journal of Aquatic Research* 39 (2): 338-343, 2011.

VALDEBENITO, I.I.; GALLEGOS, P.C.; EFFER, B.R. Gamete quality in fish: evaluation parameters and determining factors. *Zygote* 23, 177-197, 2015.

VIVEIROS, A.T.M. et al. Effects of extenders, cryoprotectants and freezing methods on sperm quality of the threatened Brazilian freshwater fish pirapitinga-do-sul *Brycon opalinus* (Characiformes). *Theriogenology* 78: 361-368, 2012.

VIVEIROS, A. T.; GODINHO, H. P. Sperm quality and cryopreservation of Brazilian freshwater fish species: a review. *Fish Physiology Biochemistry* 35(1):137-150. 2009

VIVEIROS, A. T. M; KOMEN, J. Semen cryopreservation of the African catfish, *Clarias gariepinus*. In: *Methods in Reproductive Aquaculture: Marine and Freshwater Species. Biology. Series. E*. CABRITA, V. ROBLES, M. P. HERRÁEZ (Eds), CRCPress (Taylor and Francis group), pp. 403–407, 2008.

WAYMAN, W.R.; THOMAS, R.G.; TIERSCH, T.R 1997 Refrigerated storage and cryopreservation of black drum (*Pogonias cromis*) spermatozoa. *Theriogenology*, 47: 1519-1529

YAVIN, S.; ARAV, A. Measurement of essential physical properties of vitrification solutions. *Theriogenology* 67:81-89, 2007.

ZANIBONI FILHO, E.; BALDISSEROTTO, B. Congelação de sêmen e tecidos de peixes brasileiros. *Revista Brasileira de Reprodução Animal* 39(1): 189-194. 2015.

Capítulo 6



10.37423/221206957

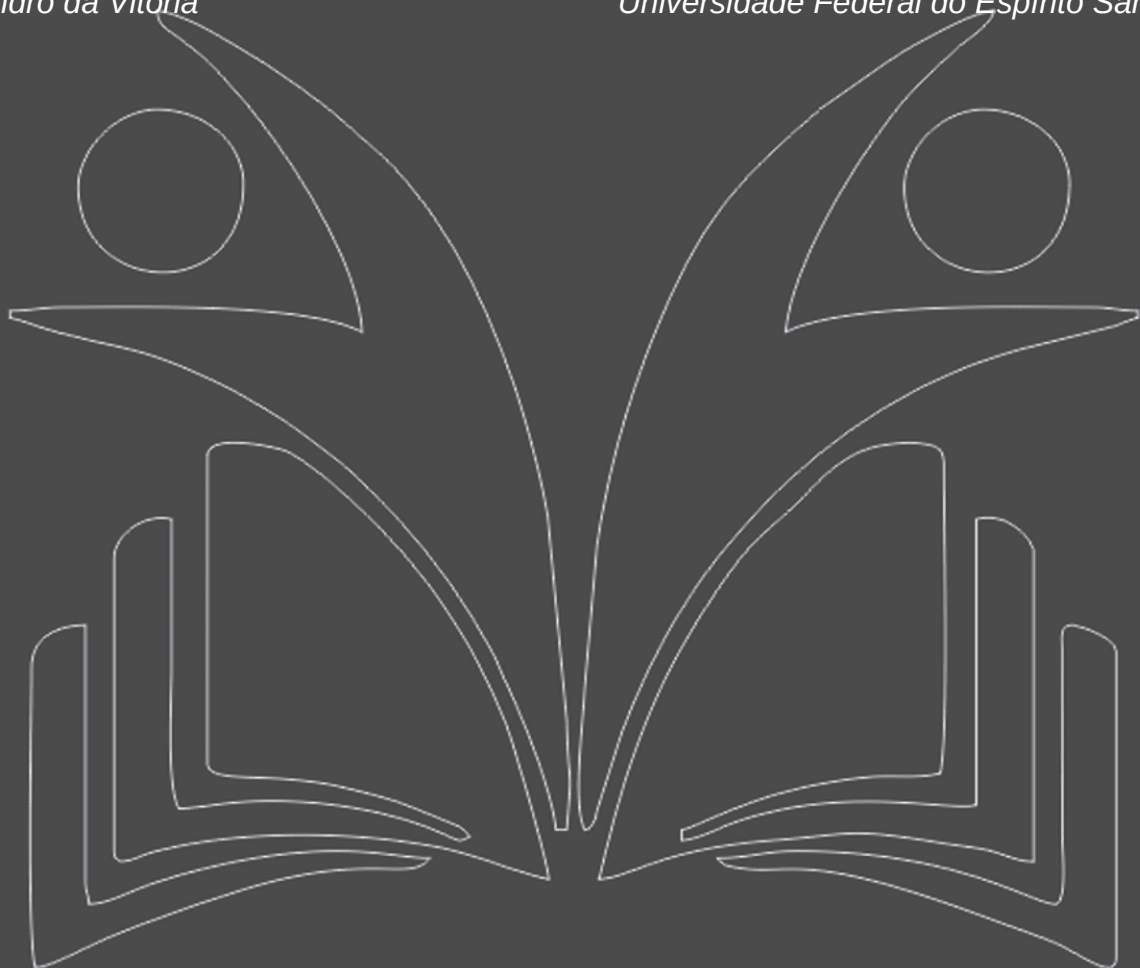
ANALYSIS OF THE DEPOSITION OF SPRAYED SYRUP ON THE WATERMELON CROP IN AERIAL AND TERRESTRIAL APPLICATIONS

Maria Eduarda Audizio Ribeiro

Universidade Federal do Espírito Santo

Edney Leandro da Vitória

Universidade Federal do Espírito Santo



Abstract: The objective of the present study was to characterize the ejected spray in the aerial and terrestrial spraying of watermelon crops, with the use of adjuvants in a liquid solution. The experiment was carried out in two commercial plantations, in an entirely randomized design, employing a 6×2 factorial scheme, with six forms of application and two liquid compositions. The droplet spectrum was assessed employing water-sensitive card imaging. Smaller drop sizes and relative amplitudes were produced by aerial applications. In turn, the largest droplet diameters and the lowest percentage of drops smaller than $100 \mu\text{m}$ were obtained when using air induction flat double-jet nozzles. The adjuvant did not interfere in the numerical and volumetric median diameters, the relative amplitude, or the volume rate of droplets smaller than $100 \mu\text{m}$.

Keywords: spray quality, solution deposition, aerial, terrestrial, *Citrullus lanatus*

1. INTRODUCTION

The watermelon (*Citrullus lanatus*.) retains the central region of Africa as its center of origin. It is a widely cultivated vegetable in Brazil, especially in semi-arid regions, where the climatic conditions are highly favorable for its cultivation, constituting an essential food for low-income populations (Landau; Silva, 2020).

The quality and quantity production of watermelon requires the effective control of pests, diseases, and weeds, which is directly related to spraying techniques. The most employed method for the protection of watermelon crops consists of terrestrial application using backpack sprayer or tractorized hydraulic sprayers (Emmanuel; Oludele, 2019). Nevertheless, the operational advantages described by aerial spraying have caused a considerable increase in this form of application, although further research is required (Zhang et al., 2020; Liu et al., 2020).

The method of application of phytosanitary products is essential, but, most of the time, emphasis is given mainly to the applied product and little attention to the application technique. Knowledge of the employed product is not enough. Comprehension of the technology of agricultural pesticide application is fundamental. Furthermore, it is necessary to ensure that the product reaches its target efficiently, minimizing losses (Butts et al., 2021; Penney et al., 2021).

Ensuring that spray droplets exhibit uniform distribution and homogeneous sizes is a major factor which can interfere with pesticide application quality. Therefore, during application, overall caution should be given in order to avoid the production of extremely large or small droplets (Zhang et al., 2020). Large drops generate low surface coverage and drainage; on the other hand, they are less prone to wind displacement. Small droplets, although they enable optimal target coverage, may undergo problems such as drift and evaporation, with consequent risks regarding environmental contamination (Wang et al., 2020; Carvalho et al., 2017; Huang, et al., 2011).

Hollow cone spray nozzles, which are similar to rotating atomizers used in agricultural aircrafts and sprinklers, are traditionally employed in the application of fungicides and insecticides, and have as a common characteristic the production, in general, of fine droplets. This attribute provides excellent coverage of the target, being, however, highly susceptible to drift. One way to reduce this problem is by using drift-reducing nozzles, or ones that produce coarse drops but provide a good coverage of the target, such as air induction flat double-jet nozzles (Hunter et al., 2020; Tang et al., 2016; Bueno et al., 2013).

One of the problems described when using air induction nozzles is the fact that some commercial brands do not provide sufficient information regarding the population and the size of the produced droplets, the potential drift risk, and their volumetric distribution (Zhang et al., 2020, Rojo et al., 2019).

The addition of adjuvants to the spray mix can aid in drift reduction. Numerous types of adjuvants, which operate differently, can be found on the market, and their potential characteristics include improved wetting, spreading, adherence, and leaf penetration (Zhang et al., 2021, Vieira et al., 2018), as well as reduced surface tension of the droplets by enhancing leaf coverage (Song et al., 2020; Machado et al., 2019). However, Zhang et al. (2020) reported that the addition of adjuvants can alter application performance, and may lead to positive or negative effects regarding product deposition on the target.

The biological efficacy of a phytosanitary treatment can be better evaluated if an analysis of the droplet population is performed following application. One of the tools employed for this assessment is the use of artificial targets, such as water-sensitive cards (Alves et al., 2017). When properly handled, these cards are valuable tools for determining the quality of sprays, particularly in aerial rotating atomizer applications, which do not allow for easy laboratory assessments of the drop spectrum, employing laser droplet analysis equipment, for example.

Therefore, in order to ascertain the quality of a pesticide spray application, it is necessary to evaluate the droplet spectrum. The objective of the present study was to assess the spectrum of drops produced in the aerial and terrestrial spraying of a watermelon plantation, varying the spray nozzles and the composition of the application solution under different operating conditions, given there is little information available in literature regarding the use of phytosanitary products in this crop.

2. METHOD

The experiment was conducted at the experimental farm Aeroverde Group, located in the municipality of Aracruz (19° 49' 11" S and 40° 16' 27" W; at an altitude of 100 m) in the State of Espírito Santo, Brazil. The laboratory analyses were carried out at the Laboratory of Mechanization and Application of Agricultural Defensives of the Northern University Center of Espírito Santo, at the Federal University of Espírito Santo, in São Mateus-ES, Brazil

The assessments were carried out in two areas, irrigated by drip irrigation, corresponding to two applications: the first on July 1, 2020, in Area 1; and the second on August 6, 2020, in Area 2, both of approximately 8.0 ha. During the years prior to the survey, the areas underwent watermelon and bean

cultivation. The purpose of evaluating two distinct areas was to verify if the results exhibited similar tendencies with respect to the studied characteristics (droplet size spectrum), under different field conditions (mainly environmental conditions).

The employed cultivation system consisted of conventional planting, cultivated with hybrid watermelons using a 100-day cycle. Planting was carried out on March 19, 2020, in Area 1, and on April 15, 2020, in Area 2, by mechanized sowing, with 2.0 m x 2.0 m spacing and 0.02 m planting depths. All of the recommended cultural practices were carried out.

The experimental design was completely randomized, in a 6 × 2 factorial scheme, with five repetitions, composed of six forms of application and two solution compositions. The means of application corresponded to the combination of the 'type of spray' (aerial and terrestrial) and the 'application volume', as described in Table 1.

Tabele 1. Description of the experimental treatments.

Description	Abbreviation
Terrestrial application using double flat spray nozzles (AITTJ60-1102VP), 200 kPa of pressure, 150 L ha ⁻¹ of solution volume, with and without adjuvant	T 150 IA
Terrestrial application using double flat spray nozzles (AITTJ60-11025VP), 500 kPa of pressure, 300 L ha ⁻¹ of solution volume, with and without adjuvant	T 300 IA
Terrestrial application using hollow cone spray nozzles (TX-VK10), 300 kPa of pressure, 150 L ha ⁻¹ of solution volume, with and without adjuvant	T 150 V
Terrestrial application using hollow cone spray nozzles (TX-VK18), 400 kPa of pressure, 300 L ha ⁻¹ of solution volume, with and without adjuvant	T 300 V
Aerial application using a Micronair AU500 rotating atomizer, 200 kPa of pressure, 12 L ha ⁻¹ of solution volume, with and without adjuvant	A 12
Aerial application using a Micronair AU500 rotating atomizer, 200 kPa of pressure, 25 L ha ⁻¹ of solution volume, with and without adjuvant	A 25

In the aerial applications, rotating screen atomizers were employed as a drop-breaking system, varying the position of the variable restriction unit (VRU) of the atomizer in order to obtain the assessed volumes.

The application solution was composed of water and water plus the adjuvant (0.5% v/v Phosphatidylcholine and propionic acid Li700®). According to the manufacturer, the adjuvant is non-ionic, reduces surface tension, and is anti-drift.

In the terrestrial applications, a constant-pressure (CO2) costal sprayer was employed, equipped with a bar containing six nozzles that were spaced apart by 0.50 m, and 0.50 m in relation to the culture, retaining an average application velocity of 1.2 m s⁻¹. The total area of the experimental units was 70.0

m² (7.0 m wide and 10 m long), which were separated by a longitudinal distance of 10.0 m. In order to avoid the border effect, two lines on each side of the plot and 1.0 m from each end were discarded.

During the aerial applications, an Ipanema 202-A agricultural aircraft, supplied with eight Micronair AU 5000 rotating screen atomizers, was utilized. The flight height was 3.0 m in relation to the culture, at an application speed of 180 km h⁻¹, and the atomizer blades were placed at an angle of 45°. The size of the plots was 20,000 m², corresponding to 250.0 m in length and 80.0 m in width, which is equivalent to five 16-meter strides of the aircraft. Following application, a lateral distance of 50.0 m between each plot was established. The worked area corresponded to 2,000 m², of which 15.0 m of each side and 100.0 m of each end were discarded.

The sprayings were carried out perpendicularly to the wind direction, and the environmental conditions of the two assays were distinct. The experiment took place in July and August of 2020, the climatic conditions monitored and recorded by means of a meteorological station (Sigma Sensors®, model EMI-RX-500). In addition to being monitored at the time of the applications, the climatic conditions were monitored in the days and hours preceding the applications in order to standardize them, considering as appropriate ranges the temperatures not exceeding 30 °C, relative humidity between 55 and 80% and speed 0.5 and 2.5 m s⁻¹.

The droplet size spectrum were evaluated by the analysis of the water-sensitive cards, which retained dimensions of 76 mm x 26 mm. Before spraying, four cards were randomly placed within the worked area of each plot, all suspended by a wooden rod above the plant canopy, positioned horizontally and directed upwards, without leaf interference.

The quantification and characterization of the impacts on each water-sensitive paper label were performed immediately after the application of each treatment and drying of the labels using a wireless DropScope system, composed of application programs and a digital wireless microscope with digital image sensor with more than 2500 dpi. This allows him to estimate partially overlapping drops from approximately 35 µm. The following parameters were evaluated: mean volume diameter (Dv0.5, µm), numerical median diameter (NMD, µm), relative amplitude (RA) and percentage of the applied volume of which the droplets have less than 100 µm in diameter (Dv<100).

Initially, the droplet size spectrum data were subjected to the Kolmogorov-smirnov normality and Levene variance homogeneity tests. Afterward, variance analysis (ANOVA) was performed, and, when a significant difference was verified, the means of the studied characteristics were compared using the Tukey test. The analyses were carried out with the aid of the R software (R Code, 2020).

3. RESULTS

When analyzing the $Dv_{0.5}$ in the first application performed in Area 01, the interaction between the 'forms and volumes of application' and 'adjuvant' factors was not significant, indicating independence of the factors. Regarding the NMD variable, a significant interaction between the factors was observed, inferring dependence between them (Table 2).

Table 2. Volumetric median diameter ($Dv_{0.5}$) and numerical median diameter (NMD) of the sprayed droplets after the first aerial and terrestrial application onto the watermelon culture, with and without adjuvant addition to the spray solution.

Forms and volumes of application (L ha ⁻¹)	$Dv_{0.5}$ (μm)			NMD (μm)		
	Adjuvant			Adjuvant		
	Without	With	Mean	Without	With	Mean
A 12	105	103	104 A	80 Aa	78 Aa	79
A 25	136	109	123 A	74 Aba	74 Aa	74
T 150 H	156	150	153 AB	100 ABCa	96 Aba	98
T 300 H	181	179	180 B	94 ABCa	90 Aba	92
T 150 AI	444	440	442 C	109 Ca	143 Cb	126
T 300 AI	470	473	472 C	106 BCa	109 Ba	108
Mean	249	242		94	98	
VC = 16.14%				VC = 13.21%		
$F_F=140.07^{**}$ $F_A=0.13^{ns}$ $F_{FxA}=0.21^{ns}$				$F_F=26.09^{**}$ $F_A=2.14^{ns}$ $F_{FxA}=3.88^{ns}$		

H: hollow cone spray nozzle; AI: double air induction spray nozzle; VC: variation coefficient; F_F : calculated F value regarding the 'form of application' factor; F_A : calculated F value regarding the 'adjuvant' factor; F_{FxA} : calculated F factor regarding the interaction between the 'form of application' and the 'adjuvant' factors. Means followed by the same uppercased letter in a column, and lowercased letters in a row, do not differ between each other at a 5% level of significance by the Tukey test. ** significant at 0.01; ^{ns} not significant.

Regarding the RA and '< 100' variables, no significant interaction between the assessed factors was observed, indicating independence between them (Table 3).

Table 3. Relative amplitude (RA) and percentage of the sprayed volume composed of droplets with diameters inferior to 100 μm (< 100) after the first aerial and terrestrial application onto the watermelon culture, with and without adjuvant addition to the spray solution.

Forms and volumes of application (L ha ⁻¹)	RA			< 100		
	Adjuvant			Adjuvant		
	Without	With	Mean	With	Without	Mean
A 12	0.843	0.803	0.823 A	48.37	47.95	48.16 D
A 25	1.090	1.070	1.080 B	24.79	35.73	30.26 C

T 150 H	0.930	1.003	0.967 AB	11.30	12.22	11.76 B
T 300 H	1.200	1.161	1.181 B	12.90	12.07	12.49 B
T 150 AI	1.231	2.022	1.627B	1.57	0.73	1.15 A
T 300 AI	1.221	1.082	1.152B	1.70	1.56	1.63 A
Mean	1.086	1.190		16.77	18.38	
VC = 17.77%				VC = 28.40%		
F _F =5.05** F _A =2.12 ^{ns} F _{FxA} = 0.93 ^{ns}				F _F =90.32** F _A =1.09 ^{ns} F _{FxA} = 1.80 ^{ns}		

H: hollow cone spray nozzle; AI: double air induction spray nozzle; VC: variation coefficient; F_F: calculated F value regarding the 'form of application' factor; F_A: calculated F value regarding the 'adjuvant' factor; F_{FxA}: calculated F factor regarding the interaction between the 'form of application' and the 'adjuvant' factors. Means followed by the same uppercased letter in a column, and lowercased letters in a row, do not differ between each other at a 5% level of significance by the Tukey test. ** significant at 0.01; ^{ns} not significant.

In the second application (Area 2), the interaction between the 'forms and volumes of application' and 'adjuvant' factors was not significant, regarding both the DV_{0.5} and the NMD parameters. With respect to the two variables, smaller droplet sizes were obtained when using the rotating atomizers with volumes of 12 and 25 L ha⁻¹ of solution. In contrast, the highest droplet size values were produced when using the double flat air induction nozzles, with volumes of 150 and 300 L ha⁻¹ of solution (Table 4).

Table 4. Volumetric median diameter (Dv_{0.5}) and numeric median diameter (NMD) of the sprayed droplets after the second aerial and terrestrial application onto the watermelon culture, with and without adjuvant addition to the spray solution.

Forms and volumes of application (L ha ⁻¹)	Dv _{0.5} (μm)			NMD (μm)		
	Adjuvant			Adjuvant		
	Without	With	Mean	With	Without	Mean
A 12	108	96	102 A	70	60	65 A
A 25	120	121	121 AB	85	74	80 A
T 150 H	165	174	170 BC	106	100	103 B
T 300 H	171	200	186 C	100	103	102 B
T 150 AI	440	433	437 D	121	125	123 C
T 300 AI	418	421	420 D	106	96	101 B
Mean	237	241		98	93	
VC = 12.40%				VC = 13.23%		
F _F =121.21** F _A =0.09 ^{ns} F _{FxA} = 0.91 ^{ns}				F _F =31.14** F _A =1.20 ^{ns} F _{FxA} =1.01 ^{ns}		

H: hollow cone spray nozzle; AI: double air induction spray nozzle; VC: variation coefficient; F_F: calculated F value regarding the 'form of application' factor; F_A: calculated F value regarding the 'adjuvant' factor; F_{FxA}: calculated F factor regarding the interaction between the 'form of application' and the 'adjuvant' factors. Means followed by the same uppercased letter in a column, and lowercased letters in a row, do not differ between each other at a 5% level of significance by the Tukey test. ** significant at 0.01; ^{ns} not significant.

Regarding the RA and the '< 100' variables, no significant interaction between the assessed factors was observed, suggesting independence between them. The lowest RA (0.689) was described in the aerial application with 12 L ha⁻¹, indicating optimal droplet production uniformity, differing from all other treatments (Table 5).

Table 5. Relative amplitude (RA) and percentage of the sprayed volume composed of droplets with diameters inferior to 100 µm (< 100) after the second aerial and terrestrial application onto the watermelon culture, with and without adjuvant addition to the spray solution.

Forms and volumes of application (L ha ⁻¹)	RA			< 100		
	Adjuvant		Mean	Adjuvant		Mean
	Without	With		With	Without	
A 12	0.777	0.601	0.689 A	43.70	62.40	53.05 C
A 25	1.045	1.088	1.067 B	28.60	36.61	32.61 B
T 150 H	1.098	1.044	1.071 B	12.21	11.80	12.01 A
T 300 H	1.222	1.111	1.167 B	10.66	7.78	9.22 A
T 150 AI	1.256	1.321	1.289 B	1.61	1.70	1.66 A
T 300 AI	1.138	1.173	1.156 B	2.25	3.23	2.74 A
Mean	1.089	1.056		16.51	20.59	
VC = 17.00%				VC = 34.43%		
F _F =9.01** F _A =0.07 ^{ns} F _{FxA} = 0.30 ^{ns}				F _F =66.70** F _A =3.81 ^{ns} F _{FxA} = 1.90 ^{ns}		

H: hollow cone spray nozzle; AI: double air induction spray nozzle; VC: variation coefficient; F_F: calculated F value regarding the 'form of application' factor; F_A: calculated F value regarding the 'adjuvant' factor; F_{FxA}: calculated F factor regarding the interaction between the 'form of application' and the 'adjuvant' factors. Means followed by the same uppercased letter in a column, and lowercased letters in a row, do not differ between each other at a 5% level of significance by the Tukey test. ** significant at 0.01; ^{ns} not significant.

4. DISCUSSION

The aerial application treatments (12 and 25 L ha⁻¹) produced the lowest droplet sizes (Dv0.5): 104 and 123 µm, respectively; as well as the lowest NMD, which ranged from 74 to 79 µm. The highest values of Dv0.5 (442 and 472 µm) and NMD (126 and 108 µm) were produced by 150 and 300 L ha⁻¹ terrestrial applications, using double air induction spray nozzles, as shown in Table 2.

The volumetric diameter of the droplets was not altered by the addition of the adjuvant. Also, it did not interfere with the NMD values, except the 150 L ha⁻¹ terrestrial application treatment with the double air induction spray nozzle, in which the use of the adjuvant increased the NMD value.

Zhang et al. (2021) reported that the addition of the phosphatidylcholine + propionic acid adjuvant to the spray solution did not alter the Dv0.5 of the drops produced by the hollow cone spray nozzle.

However, it caused a 30% reduction in the $Dv_{0.5}$ of the droplets emitted by the flat air induction nozzle.

In a study determining the effect of formulations on spray characteristics, it was established that air induction nozzles are more susceptible to changes in the physical properties of the solution, and their behavior does not always follow that of conventional hydraulic nozzles (Wei et al., 2020; Zhang et al., 2020; Vieira et al., 2018).

The fact that some manufacturers do not provide information regarding droplet size spectrum can be a problem when working with air induction nozzles. According to Vitória et al. (2019), such information is essential for nozzle selection, in order to obtain greater efficiency in target coverage and lower environmental risks.

The droplet set uniformity, or the droplet size variation spectrum, can be expressed by the RA, in which the higher the RA value, the larger the spray droplet size range. According to Vitória et al. (2019), the homogeneous droplet spectrum retains a relative amplitude value that tends to zero. The results of the present study indicate that the lowest RA was verified in the aerial treatment using a solution volume of 12 L ha^{-1} (0.823), and in the terrestrial treatment, with 150 L ha^{-1} of solution (0.967), using hollow cone spray nozzles, inferring greater homogeneity in droplet formation when compared to the venturi system of hydraulic flat double air induction nozzles (Machado et al., 2019; Huang et al., 2011).

Hussain et al. (2019) and Fritz et al. (2011) evaluated the uniformity of the set of droplets produced by aerial systems (hydraulic nozzles, rotating disc atomizers, and electrostatic systems), and also verified the lowest relative amplitude values with the use of atomizers (15 L ha^{-1}) and the electrostatic system (5 L ha^{-1}) in the canopy of a rice culture. The use of high-speed rotating atomizers in agricultural aviation generates a more uniform droplet spectrum (Tang et al., 2016), corroborating with the results described in the present study.

According to Moraes et al. (2019), the estimation of the drift potential of a spray can be evaluated by the percentage of droplets with diameters smaller than $100 \mu\text{m}$. There is no standard value indicative of drift risk or safe application. Nevertheless, according to the same authors, volume values below 15% of droplets with diameters smaller than $100 \mu\text{m}$ are generally better suited for environmentally safe applications.

Therefore, aerial applications with the described droplet spectrum should be carried out under environmental conditions that are favorable for phytosanitary applications in order to reduce drift

losses to a minimum, such as air temperatures lower than 30°C, relative humidity higher than 55%, and wind speeds less than 12 km h⁻¹.

The air induction nozzles can reduce potential drift risks. However, the formation of thick and very thick droplets is possible, resulting in increased drainage of the solution and, consequently, reduced spray efficiency (Alves et al., 2018). Furthermore, according to Madureira et al. (2015) and Chechetto et al. (2013), the use of air induction nozzles can provide a similar performance to that of conventional spraying, as long as the spray operator receives information regarding how to initially select the nozzle and how to improve its performance.

No significant difference between the presence and absence of the adjuvant in the spray solution was observed regarding relative amplitude values and the percentage of droplets smaller than 100 µm. A laboratory study carried out employing TT 11002 and TTI 11002 nozzles, with the addition of the phosphatidylcholine + propionic acid adjuvant to the spray liquid, also showed no alteration in relative amplitude values (Alves et al., 2018).

When evaluating droplet sizes using single, low-drift, and air induction hydraulic flat spray nozzles, with the same nominal flow rate, Hunter et al. (2020), Bueno et al. (2013) and et al. (2011) also reported that the air induction nozzles produced larger droplet sizes and retained lower propensity to drift, which corroborates with the results obtained in the present study.

Adjuvants with surfactant properties, such as phosphatidylcholine + propionic acid, have the ability to reduce the surface tension of aqueous solutions applied to a crop, improving leaf adherence (Alves et al., 2018)). This property can lead to a decrease in droplet size; however, the magnitude of this process is not large and varies according to the employed nozzle (Laio et al., 2015). This fact may explain the non-alteration of the volumetric and numerical median diameters with the addition of the adjuvant to the spray solution, observed in the present study.

Regarding the nozzles that operate with hydraulic pressure, the production of significantly uneven drops has been described, which hampers adequate target coverage. The development of technologies that produce more uniform drops is required in order to reduce the number of extremely small or large droplets (Vitória et al., 2019). The adoption of spray equipment that employs rotating atomizers as a drop-breaking system is an option.

The aerial application using 12 L ha⁻¹ exhibited the largest percentage of spray droplets smaller than 100 µm, equivalent to 53.05%, differing from the other treatments. This type of droplet spectrum is

highly susceptible to drift risk. It is noteworthy that, according to necessity, one can increase the size of the generated droplets by simply changing the angle of the rotating atomizer blades. There are also commercial rotating atomizers that contain specific devices to increase droplet size.

The use of the adjuvant did not significantly interfere with the relative amplitude values and the percentage of droplets smaller than 100 μm . Most of the adjuvants that retain spreader functions, found on the market, have surface tension-reducing properties in their composition, which alter the droplet size. However, the magnitude of this process is not very large and varies according to the employed spraying system.

According to Zhang et al. (2021), Machado et al. (2019) and Madureira et al. (2015), the addition of adjuvants can alter application performance. Therefore, the origin of these products and the implications of their use must be known before acquisition and use.

CONCLUSIONS

Rotating atomizers provide larger droplet sizes, while when using double air induction spray nozzles, the sizes are smaller. The diameter of the volumetric median, the relative amplitude, and the percentage of droplets smaller than 100 μm are not altered by adjuvant addition to the spray solution. The pressure regulation and the two solution volumes (12 and 25 L ha^{-1}), employed in the aerial application, produced the lowest relative amplitude of the droplet spectrum. However, both volumes resulted in a higher percentage of droplets that were susceptible to drift risk (smaller than 100 μm), when subjected to the adopted pressure.

ACKNOWLEDGMENTS

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES 18/2020) and Fundação de Amparo a Pesquisa do Espírito Santo (FAPES 140/2021) – Brazil. CAPES/FAPES Cooperation - Postgraduate Development Program – PDPG.

REFERENCES

- Alves GS, Kruger GR, da Cunha JPAR. Spray drift and droplet spectrum from dicamba sprayed alone or mixed with adjuvants using air-induction nozzles. *Pesqui Agropecu Bras* 2018;53(6):693-702.
- Alves GS, Kruger GR, Da Cunha JPAR, De Santana DG, Pinto LAT, Guimarães F, et al. Dicamba Spray Drift as Influenced by Wind Speed and Nozzle Type. *Weed Technol* 2017;31(5):724-731.
- Bueno MR, Da Cunha JPAR, Alves GS. Spray liquid deposition in aerial and ground pesticide application in potato crop. *Eng Agric* 2013;33(6):1210-1222.
- Butts TR, Barber LT, Norsworthy JK, Davis J. Survey of ground and aerial herbicide application practices in Arkansas agronomic crops. *Weed Technol* 2021;35(1):1-11.
- Carvalho FK, Chechetto RG, Mota AAB, Antuniassi UR. Characteristics and challenges of pesticide spray applications in Mato Grosso, Brazil. *Outlooks Pest Manage* 2017;28(1):4-6.
- Chechetto RG, Antuniassi UR, Mota AAB, Carvalho FK, Silva ACA, Vilela CM. Influence of spray nozzles and adjuvants in drift reduction potential in wind tunnel. *Semin Cienc Agrar* 2013;34(1):37-46.
- Emmanuel O, Oludele OE, Unwabunne UM. Efficiency and economic viability of neem seed oil emulsion and cyper-diforce® insecticides in watermelon production within the Nigerian Southern Guinea Savanna zone. *J Crop Prot* 2019;8(1):81-101.
- Fritz BK, Hoffmann WC, Bagley WE, Hewitt A. Field scale evaluation of spray drift reduction technologies from ground and aerial application systems. *J ASTM Int* 2011;8(5).
- Huang Y, Thomson SJ. Characterization of in-swath spray deposition for CP-11TT flat-fan nozzles used in low-volume aerial application of crop production and protection materials. *Trans ASABE* 2011;54(6):1973-1979.
- Hunter JE, Gannon TW, Richardson RJ, Yelverton FH, Leon RG. Coverage and drift potential associated with nozzle and speed selection for herbicide applications using an unmanned aerial sprayer. *Weed Technol* 2020;34(2):235-240.
- Landau EC, Silva GAS (2020) Evolution of watermelon production. Embrapa, Brasília.
- Penney AJ, Kandel YR, Viggers JN, Robertson AE, Mueller DS. Comparison of aerial and ground sprayer fungicide application technologies on canopy coverage, disease severity, lodging, and yield of corn. *Crop Prot* 2021;139.
- Liao J, Zang Y, Zhou Z, Luo X. Quality evaluation method and optimization of operating parameters in crop aerial spraying technology. *Nongye Gongcheng Xuebao* 2015;31:38-46.
- Liu Y, Ru Y, Duan L, Qu R. Model and design of real-time control system for aerial variable spray. *PLoS ONE* 2020;15(7 July).
- Machado WA, Silva SM, Carvalho SM, da Cunha JPAR. Effect of nozzles, application rates, and adjuvants on spray deposition in wheat crops. *Eng Agric* 2019;39(1):83-88.

Madureira RP, Raetano CG, Cavalieri JD. Interaction spray nozzle-adjuvant to estimate potential risk of spray drift. *Rev Bras Eng Agric Ambient* 2015;19(2):180-185.

Moraes ED, Saab OJGA, Gandolfo MA, Marubayashi RYP, Gandolfo UD. Potential risk of drift from inclined fan nozzles. *Rev Bras Eng Agric Ambient* 2019;23(3):229-233.

R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. R

Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Rojo Baio FH, Antuniassi UR, Castilho BR, Teodoro PE, da Silva EE. Factors affecting aerial spray drift in the Brazilian Cerrado. *PLoS ONE* 2019;14(2).

Song R, Shen G, Liu Y, Tang F, Chen Q, Sun P. Preparation and characterization of an oil-in-water microemulsion of thiamethoxam and acetamiprid without organic solvent for unmanned aerial vehicle spraying. *Colloids Surf A Physicochem Eng Asp* 2020;607.

Tang Q, Chen L, Zhang R, Zhang B, Yi T, Xu M, et al. Atomization characteristics of normal flat fan nozzle and air induction nozzle under high speed airflow conditions. *Nongye Gongcheng Xuebao* 2016;32(22):121-128.

Vieira BC, Alves GS, Carvalho FK, Da Cunha JPAR, Antuniassi UR, Kruger GR. Influence of airspeed and adjuvants on droplet size distribution in aerial applications of glyphosate. *Appl Eng Agric* 2018;34(3):507-513.

Vitória EL, Crause HC, Freitas ILJ, Locatelli T, Lacerda EG, Valle JM, Silva MB, Fernandes AA, Vitoria RZ, Ferreira FA, Santos JL, Freitas SP (2019) Droplet Spectrum Produced in Pumpkin Cultures Submitted to Different Forms of Spraying. *J Agr Sci* (2019); 57-64

Zhang X, Xiong L. Effect of adjuvants on the spray droplet size of pesticide dilute emulsion. *Colloids Surf A Physicochem Eng Asp* 2021;619.

Wang J, Lan Y, Wen S, Hewitt AJ, Yao W, Chen P. Meteorological and flight altitude effects on deposition, penetration, and drift in pineapple aerial spraying. *Asia-Pac J Chem Eng* 2020;15(1).

Wei K, Xu W, Liu Q, Yang L, Chen Z. Preparation of a Chlorantraniliprole-Thiamethoxam Ultralow-Volume Spray and Application in the Control of *Spodoptera frugiperda*. *ACS Omega* 2020;5(30):19293-19303.

Zhang H, Zhou H, Zheng J, Liao J, Hewitt AJ. Adjuvant's Influence to Droplet Size Based on Forestry Pests' Prevention with Ground and Air Chemical Application. *Linze Kexue/Sci Silvae Sinicae* 2020;56(5):118-129.

Zhang S, Xue X, Sun T, Gu W, Zhang C, Peng B, et al. Evaluation and comparison of two typical kinds uas based on the first industry standard of china. *Int Agric Eng J* 2020;29(3):331-340.

Capítulo 7



10.37423/221206958

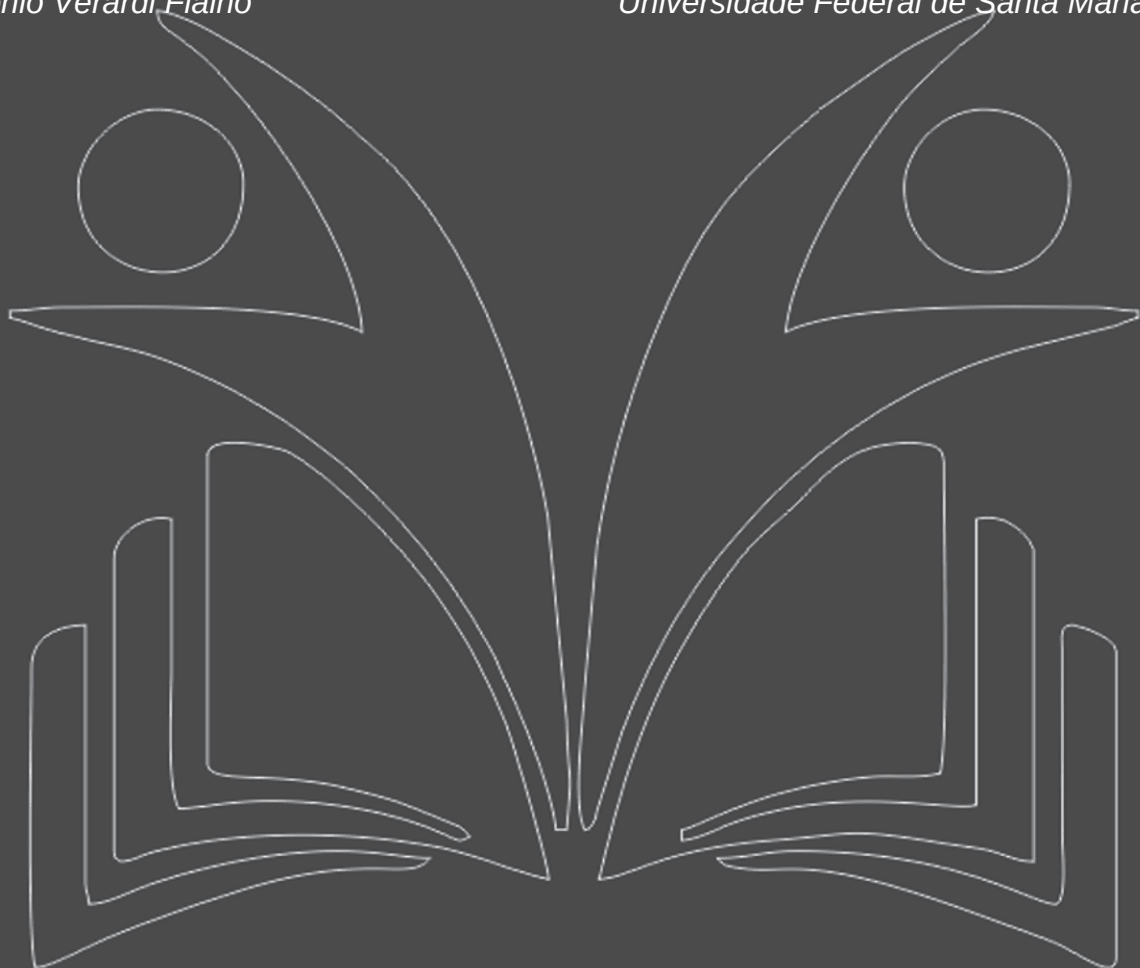
O RESGATE DO “SER AGRICULTOR (A)” A PARTIR DA PRODUÇÃO PARA A ALIMENTAÇÃO ESCOLAR

Tatiana Aparecida Balem

Instituto Federal Farroupilha campus Júlio de Castilhos

Marco Antônio Verardi Fialho

Universidade Federal de Santa Maria



Resumo: A alimentação escolar brasileira, a partir das mudanças estabelecidas em 2009, dialoga com o resgate de sistemas de produção diversificados, a agroindustrialização artesanal dos alimentos e da cultura alimentar presentes na agricultura familiar. Este estudo se desenvolveu no município de Santiago-RS e foi realizado através de entrevistas a agricultores familiares que comercializam para o PNAE. Percebe-se que o mercado institucional da alimentação escolar: 1- permitiu aos agricultores familiares sair de uma situação de quase anonimato para uma condição de atores sociais importantes na discussão de desenvolvimento no município; 2- os agricultores constroem relações sociais e interações face a face, que, antes, não possuíam, conhecem os consumidores e desenvolvem habilidades para relacionarem-se com um mercado diferenciado; 3- empodera os agricultores familiares, os reconhece com categoria social diferenciada e os capacita para acessar outros mercados; 4- funciona como ancoragem inicial para o desenvolvimento de um sistema agroalimentar alternativo.

Palavras-chave: Identidade. Agricultura Familiar. Empoderamento. Alimentação.

INTRODUÇÃO

O programa de alimentação escolar (PAE) brasileiro está circunscrito no escopo da discussão da Narrativa Alternativa dos Alimentos (NAA). Esta afirmação está amparada em autores que apresentam o arcabouço teórico da Narrativa Alternativa dos Alimentos, tais como Friedmann (2005), Wiskerke (2009), Goodman (2003) e, nos autores que apontam os Programas de Alimentação Escolar (PAEs) como importantes espaços para o desenvolvimento de sistemas agroalimentares alternativos, como Morgan e Sonnino (2008).

A mudança na legislação da alimentação escolar brasileira em 2009 pode levar à construção de um PAE que se apresente como ferramenta para a contraposição ao regime hegemônico e industrial de alimentação. Regime esse que, nas últimas décadas, impactou de forma significativa a alimentação. Houve um substitucionismo dos alimentos enraizados na cultura e na produção local por alimentos industriais e globais, resultado do processo de “imposição” do consumo pela indústria alimentar (POULAIN, 2004). Ilbery (2005) destaca que o crescente afastamento entre os processos de produção, transformação e fornecimento dos alimentos está dentre as principais características do setor agroalimentar moderno. Goodman, Sorj e Wilkinson (1990) apontam os processos de apropriação, nos quais os alimentos naturais são cada vez mais substituídos por alimentos manufaturados, e o de substitucionismo, cuja organização da agricultura se aproxima da indústria, têm aumentado as distâncias entre a produção de alimentos e o consumo. Assim, os sistemas de produção alimentares sofrem a homogeneização, paralelo a um processo de “comoditização”, beneficiando uma agricultura capitalizada, em detrimento dos sistemas tradicionais, típicos da agricultura familiar (AF).

Os agricultores, ao entrar na produção de *commodities*, tem se afastado progressivamente dos sistemas de produção diversificados, da agroindustrialização artesanal dos alimentos e da cultura alimentar que possui um processo evolutivo intergeracional. Partindo desse problema de pesquisa, esse artigo procura abordar o processo de resgate da identidade dos agricultores familiares que acessam o mercado institucional do Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) em Santiago-RS.

Esse artigo está estruturado com essa breve introdução, que apresenta o problema de pesquisa. A segunda seção traz a metodologia e algumas informações do caso estudado, o município de Santiago. A terceira seção busca elucidar o papel do PNAE na construção de sistemas agroalimentares localizados, onde as relações de proximidade, a cultura alimentar e a construção de mercados para a

AF imperam como pontos chaves. Na quarta seção a ideia base do artigo é discutida, ou seja, o resgate do “ser agricultor” ou da identidade do agricultor familiar proporcionada pelo mercado institucional.

METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada no município de Santiago-RS, que possui um processo diferenciado de implementação da política pública do PNAE. O artigo é derivado da tese de doutorado da autora principal, intitulada “O programa de alimentação escolar brasileiro e a narrativa alternativa dos alimentos: convergências e desafios”, defendida em 2015. A pesquisa, iminentemente qualitativa, pode ser classificada como exploratória e explicativa, sendo que o processo de investigação foi realizado através de observação, entrevistas, análise documental e revisão bibliográfica. Os atores sociais entrevistados e que fazem parte desse recorte da pesquisa são agricultores familiares que comercializam para o PNAE e operadores da política pública.

O município de Santiago está localizado na região Central do Estado do Rio Grande do Sul e possui os sistemas de produção com herança típica do sistema pastoril, nas áreas planas e de predomínio do bioma Campos Sulinos, e dos sistemas de produção oriundos da colonização da imigração Italiana, nas áreas de rebordo da Serra.

Em Santiago houve uma mobilização local para a operacionalização do PNAE a partir de 2009. No município, o processo de mobilização da produção e inserção de agricultores e produtos locais no mercado institucional originou-se com o marco legal da Resolução/CD/FNDE Nº 38, de 16 de julho de 2009. Esse marco, ao estabelecer a obrigatoriedade da compra, de no mínimo 30%, dos alimentos utilizados na alimentação escolar dos agricultores familiares e suas organizações, fez com que a prefeitura, a entidade de extensão rural no município, a Emater-RS, e o Sindicato dos Trabalhadores Rurais (STR) dessem início a um processo de construção do mercado institucional.

ENTRE A COMIDA INDUSTRIAL E A LOCAL: O MERCADO INSTITUCIONAL COMO UM ATIVO DO PROCESSO DE RELOCALIZAÇÃO DA AGRICULTURA

A evolução dos sistemas agroalimentares modernos no mundo acompanharam a evolução do sistema de produção capitalista. Friedmann (1993) sugere uma separação em três períodos analíticos, chamados de Regimes Alimentares, sendo que o primeiro regime marcou a criação do mercado mundial de alimentos e iniciou entre 1870 e 1914. O segundo regime alimentar instituiu-se entre 1950 e 1970 e, de acordo com Friedman (1993), é o período que estabelece forte relação entre a agricultura

nacional e a transnacionalização do capital. O terceiro pode ser considerado ainda emergente, apresentando os primeiros sinais a partir de 1980, com o processo de globalização e completa internacionalização dos impérios alimentares. Os impérios alimentares evidenciam a concentração do comércio mundial de alimentos nas mãos de poucas empresas (VAN DER PLOEG, 2008).

Os regimes agroalimentares caracterizam-se por marcar o papel da agricultura e da alimentação na acumulação de capital, envolvendo estruturas governadas por regras de produção e consumo de alimentos em escala mundial, bem como por regras implícitas, as quais buscam estabelecer vínculos relativamente estáveis (FRIEDMANN, 1993). De acordo com Lang, Barling e Caraher (2009), as características da alimentação industrial foram definidas pela indústria de alimentos. As tecnologias de armazenamento, transporte, embalagens e processamento possibilitaram o advento da “comida global”. Assim, com os alimentos cada vez mais processados, as indústrias adquirem o poder de impor aos agricultores as condições de produção e os produtos que devem ser comercializados e aos consumidores, com o uso massivo do marketing, à indução do consumo (Ibidem). Essa lógica indutora a novos hábitos, utilizada pela indústria alimentar, leva a não valorização e o enfraquecimento da produção e do comércio local.

A NAA contesta o padrão hegemônico da alimentação e vem destacar que espaços diferenciados de produção, distribuição e consumo de alimentos tem emergido como um contraponto a esse padrão. Para Lang (2010) a eminência de uma crise alimentar no século XXI provocada pelos altos preços das *commodities*, pela obesidade coexistindo com a desnutrição, pelas doenças causadas pela alimentação industrial e pelas mudanças climáticas, são indicativos da necessidade da emergência de um padrão alternativo de alimentação. Além disso, informações sobre alimentação e nutrição estão cada vez mais acessíveis aos consumidores, além do debate da segurança alimentar e nutricional, como aponta Díaz Méndez e Benito (2008). Os sistemas alimentares alternativos são baseados em espaços descentralizados, ecologicamente aterrados, e em consonância com as prerrogativas do desenvolvimento territorial e sustentável (McMICHEL, 2009; MORGAN, 2010). Desse modo, criam-se novas convenções de qualidade nas quais os elementos sociais, culturais, territoriais e de saúde compõem um sistema de qualidade, resgatando o conceito de segurança alimentar que havia sido abandonado nas três décadas finais do século XX em consequência do imperativo da quantidade ofertada.

De acordo com Wiskerke (2009), a tendência dominante, nas últimas décadas, nos sistemas de fornecimento e consumo de alimentos é o local de produção ser cada vez mais desligado do local de

consumo, o que provoca três processos: desconexão – há um afrouxamento dos laços e aumento da distância entre produtores, fornecedores de bens e serviços e consumidores; (des)enraizamento – o local de abastecimento perdeu influência sobre a qualidade e a natureza de bens e serviços, os consumidores perdem o senso de pertencimento e identidade; (des)entrelaçamento – aumenta a especialização nas cadeias produtivas e as atividades são realizadas em setores separados. Assim, os sistemas alternativos necessitam fazer um movimento contrário, ou seja, um processo de realocação baseado em conexão, enraizamento e entrelaçamento (WISKERKE, 2009). Nessa percepção, para uma geografia localizada dos alimentos, o autor aponta alguns rumos: alimentos com denominação de origem ou provenientes de processo de territorialização; estratégias alimentares urbanas, ou seja, a criação de movimentos para uma alimentação mais regional; e os mercados institucionais.

Os mercados institucionais, conforme destacados por Morgan e Sonnino (2008), representam a oportunidade do Estado em tratar a alimentação como uma questão pública, dessa maneira, o Estado assume dois lugares nessa via da realocação: 1- como formulador de políticas capazes de apoiarem redes socioprodutivas locais; 2- como consumidor. O papel do Estado enquanto fomentador de políticas públicas que atuam como instrumentos de desenvolvimento de sistemas agroalimentares alternativos é evidenciado por nesse estudo.

Os articuladores do PNAE em Santiago passaram da percepção de uma execução do PNAE como obrigatoriedade legal para uma percepção do potencial e desenvolvimento do município, representado pelas compras da AF para a alimentação escolar. A concertação social que ocorre para viabilizar as compras e o processo de personificação da política pública, instaurado em Santiago, abriu um debate na sociedade local. Para Balem (2015, p. 233-234) o personificação da política pública

representa as formas e estratégias desenvolvidas pelos atores locais para a aplicação da política, uma vez que esses compreendem e se apropriam dos significados da mesma. Parte-se do princípio que cada local ao apropriar-se do conteúdo da política e das representações dessa para a realidade, tem condições de desenvolver estratégias endógenas que visam a criação de sinergias que a potencializam. Esse processo dá corpo e forma para a política, ou seja, uma roupagem local.

Essa construção da política pública no local evidenciou as possibilidades de produção local e de mercado, antes percebidas apenas pelos agricultores e consumidores mais relacionados ao Hortomercado (a única feira de agricultores familiares existente no município até 2013) e ao comércio informal que alguns agricultores possuíam direto com os consumidores, o “mercado de porta em

porta” ou a “cultura do quitandeiro”, herdada das famílias de imigrantes italianos, que foram o embrião da AF da região.

O que se percebe é que o programa de alimentação escolar está proporcionando um debate público sobre Alimentação em Santiago e atribuindo maior visibilidade para os agricultores familiares enquanto categoria social, trazendo-os para o centro do debate. Tal constatação justifica-se pela inclusão no debate do rural de atores que antes executavam ações desligadas desse, como as nutricionais, atores sociais da secretaria de educação, professores, manipuladores de alimentos e estudantes. Além disso, o PAE direciona o seu olhar àquelas instituições voltadas para a agricultura no município, como a Emater-RS e a Secretaria de Agricultura por exemplo, exercendo uma pressão indireta no fomento de uma agricultura mais localizada.

Por essas questões que Morgan (2010) destaca que as políticas públicas de alimentação se mostram como instrumentos capazes de proporem novos arranjos para que estratégias inseridas na *ethical foodscape* se desenvolvam. Para o autor, a *ethical foodscape* consagra valores associados à integridade ecológica e à justiça social, características essenciais de um sistema agroalimentar sustentável. A integridade ecológica do PNAE está associada à compra de alimentos locais, de preferência agroecológicos e de acordo com a cultura alimentar de cada região, bem como à eliminação dos alimentos industriais e considerados não saudáveis dos cardápios escolares. A compra de 30%, no mínimo, dos alimentos destinados à alimentação escolar de agricultores familiares, com prioridade às comunidades tradicionais indígenas e quilombolas, demonstra o avanço em se obter justiça social com a política pública. Por outro lado, as noções de justo e ético, socialmente, podem ser percebidas quando parte-se do princípio de que a criança merece um alimento de qualidade e saudável e os agricultores de pequena escala, o direito e o acesso facilitado ao mercado institucional.

Nesse sentido, o PNAE é uma política pioneira na priorização do público a ser beneficiado com a compra institucional. Público que normalmente não tem acessado esses mercados e, muitas vezes, está quase “esquecido” nos municípios. Hoje, os agricultores familiares de Santiago são reconhecidos como uma categoria social diferenciada, que precisam de ações para a construção de um mercado local para seus produtos. Outra questão a ser observada é o reconhecimento do potencial produtivo da AF. Para Picolotto (2015), esse processo ocorre devido à construção de uma identidade que reabilita os agricultores social e, politicamente, configura-os como participantes ativos do desenvolvimento e como personagens do mundo contemporâneo, na tentativa de superar a condição de inferioridade social atribuída aos pequenos produtores ao longo da história.

Em Santiago, os agricultores afirmaram, nas entrevistas, que nunca houve uma política como essa e é a primeira vez que eles podem priorizar a produção de comida. Uma agricultora nos perguntou durante a entrevista: “*você percebe o prazer que é para nós poder produzir comida, comida de verdade, e ainda saber que quem vai comer são as crianças do nosso município*”? Para os agricultores, produzir comida, como eles mesmos afirmam, ao invés de produtos agrícolas, como fumo, soja e outras *commodities*, tem um significado de resgate da sua essência de agricultor, ou seja, a ética e o compromisso social assumido por eles com a sua produção.

Enquanto isso, os articuladores da política pública recorrentemente afirmavam que esse é um momento único da história de políticas públicas, pois ao mesmo tempo em que se busca o desenvolvimento saudável das crianças, desenvolve-se a AF no município. O excerto de uma entrevista abaixo demonstra a visão dos articuladores, ou seja, o PNAE busca valorizar o agricultor e a produção deles.

Economicamente é fundamental que os produtores estão sabendo aproveitar as oportunidades, apesar de, às vezes, a gente ter que ser mais incisivo e dizer para eles que eles tenham ainda mais potencial. Mas isso representa muito para a economia, para a questão da valorização. Valorização desse produtor, a gente tem que ter esse entendimento de que são eles que tão lá, a família trabalhando e produzindo. Valorização desse trabalho, isso ficou muito mais evidente com o programa de alimentação escolar.

O PNAE tem proporcionado um mercado alternativo em construção, uma vez que esse processo tem atingido outros atores sociais e criado um mercado para os agricultores nas próprias escolas e no entorno delas. Além do produto que os agricultores estão comercializando para o PNAE, está se construindo outro mercado informal, face a face com os consumidores das escolas e dos que a circundam. Os gestores da Coopersaf (Cooperativa Santiaguense da Agricultura Familiar) afirmam que depois que os agricultores criam o vínculo com a escola e o entorno, não querem mais trocar o lugar de entrega, pois isso impactaria no mercado face a face estabelecido. Essa questão dialoga diretamente com a afirmação de Morgan e Sonnino (2008) e de Morgan (2010) de que as políticas públicas de alimentação são uma ancoragem inicial para desenvolver sistemas agroalimentares alternativos. Essa é uma potencialidade chave do PNAE, pois desloca os agricultores familiares para o cenário da alimentação, como protagonistas de ações diferenciadas, com isso, os agricultores se empoderam do processo e passam a perceber as novas possibilidades de mercado local. O PNAE contribuiu com o debate e a percepção local da possibilidade de construir um mercado alternativo, nas entrevistas foi recorrente as afirmações de que o PNAE deu mais visibilidade para os agricultores familiares do município, inclusive houve várias afirmações de que atualmente é possível perceber que

os agricultores de Santiago têm plenas condições de produzir e garantir a demanda de hortifrutigranjeiros do mercado local. Os agricultores declaram que por estarem organizados na Cooperativa (Coopersaf) e comercializando produtos para o PNAE, outros mercados estão se desenhando. Mercados varejistas locais, restaurantes e consumidores individuais têm procurado os agricultores associados para estabelecerem parcerias.

Com base no estudo em Santiago, pode-se afirmar que o PNAE está funcionando como uma ancoragem inicial para o desenvolvimento de sistemas agroalimentares alternativos. Parece que o fato da AF sair de “certa situação de anonimato” e ser reconhecida como uma categoria social e política importante e atrelada ao desenvolvimento do município foi um fator fundamental e determinante. Talvez, somente agora, perceba-se o potencial da AF no município e a possibilidade dos consumidores em adquirir mais produtos locais. Essa questão relaciona-se ao que salienta Picolotto (2015), quando discute a importância do reconhecimento da categoria agricultor familiar e sua trajetória afirmativa nesse processo, cuja participação da AF na produção de alimentos figura uma das principais ideias positivas ao seu favor.

Identifica-se que a Narrativa Alternativa dos Alimentos está alicerçada em duas vias. A primeira relaciona-se à criação de consciências, as quais passam a compreender a alimentação de forma diferenciada, ou seja, uma geração de consumidores mais informada e mais consciente do significado do alimento e sobre sua própria alimentação. Esses consumidores simbolizam a força motriz do desenvolvimento de sistemas agroalimentares diferenciados, mais sustentáveis e mais conectados culturalmente. A segunda refere-se à possibilidade de emergência de um padrão alternativo de desenvolvimento rural, que possibilitou o redirecionamento da posição do agricultor familiar, de anonimato para a notoriedade, atribuindo-lhe a importância e o reconhecimento do seu papel no redesenho do cenário do sistema agroalimentar através da alimentação escolar em Santiago.

O RESGATE DO “SER AGRICULTOR (A)”

Partindo da abordagem de Wiskerke (2009) e de Friedman (2005), o primeiro argumentando que a ligação do alimento com o contexto sociocultural e territorial é essencial para a construção de uma proposta de paradigma alimentar alternativo. A segunda, ao estudar a emergência desse paradigma alternativo, argumenta que está começando a se estruturar um contramovimento ao regime alimentar dominante. Aliada a essa discussão, agrega-se as noções de patrimônio e cultura alimentar, apontado por Hernández (2005) como necessárias para os processos de reconexão, reenraizamento e

reentrelaçamento. A partir desse entendimento, infere-se que esse processo resgata o “ser agricultor (a)”.

Para Balem e Silveira (2002, p. 05), a cultura do agro é um “conhecimento histórico e socialmente instituído na prática social do homem que trabalha a terra sobre um determinado espaço agrário”. Espaço agrário pode ser definido pelo ecossistema e seus componentes geomorfológicos, transformado pela ação do homem para produzir agricultura e espaços de convivências (GLIESSMANN, 2000). “No trabalho com a terra, o agricultor modela o ecossistema de acordo com suas necessidades e este ecossistema transformado por sua ação condiciona as possibilidades futuras” (BALEM e SILVEIRA, 2002, p. 05). O aprendizado do agricultor, moldado pela sua ação contínua no agroecossistema produz a cultura do “ser agricultor (a)”.

Os agroecossistemas moldaram-se ao longo do tempo e, com a modernização da agricultura, foram sendo sucessivamente artificializados. O conceito de artificialização dos espaços naturais, utilizado por Santos (1996), parece ser adequado para a compreensão da intensa modificação da cultura do agro ocorrida com a modernização. Para Santos (1996), o espaço não é somente físico como também socialmente constituído, assim, o agricultor não age apenas em função das variáveis ecossistêmicas. O contexto da modernização induziu os agricultores a migrarem de sistemas de policultivos para monocultivos, a utilizarem técnicas e manejos alheios as suas construções sociais históricas. O manejo das culturas foi impactado de forma severa, pois os agricultores foram aos poucos perdendo a apreensão dos processos naturais e substituindo-os por procedimentos criados, externos ao agroecossistema e alheios ao seu conhecimento do cotidiano, os pacotes tecnológicos. É a homogeneização e a perda de diversidade econômica, cultural e social, conforme destaca Hernandez (2005). Em Santiago, isso refletiu na mudança dos sistemas de produção da agricultura de herança colonial, assim a progressiva modernização desses agricultores erodiu os conhecimentos e práticas tradicionais. O mais relevante nessa discussão é que os agricultores, ao plantar fumo, soja e outras *commodities*, sentem-se menos agricultores.

A erosão da identidade e a mudança gradativa de sistemas de policultivo de subsistência para monocultivos modernos produziram o que Honneth (2003) chama de desrespeito às formas culturais e socais estabelecidas. O processo de modernização imposto aos agricultores desrespeitou completamente a sua cultura do agro construída em interface com os agroecossistemas. Além disso, introduziu elementos estranhos a essa evolução histórica, traduzidos nos pacotes tecnológicos. Para Honneth (2003), as estruturas normativas da sociedade moderna tendem a desrespeitar as estruturas

socialmente construídas, gerando uma situação de conflito social e contrária ao reconhecimento da categoria social. Essa situação oposta, de acordo com Honneth (2003), ocorre devido à negação de direitos de determinado grupo, o que o tira de uma situação de igualdade com relação a outros. Outra situação, segundo o autor, é a referência negativa que determinados grupos recebem, quando comparados a outrem. A AF ganhou, ao longo da história, essas referências negativas, pois até recentemente eram sinônimos de pequena produção e ocupavam uma posição periférica, para não dizer excludente, no cenário de políticas públicas nacionais. Essa ausência de reconhecimento construiu um ideário cujos “pequenos agricultores” eram ineficientes e pouco produtivos, em contrapartida, os médios e grandes agricultores, eficientes e produtivos, eram os responsáveis por grande parte da produção comercial agrícola. Segundo Picolotto (2015), o reconhecimento social dessa categoria é recente e foi conquistado devido à luta dos movimentos sindicais e sociais e aos inúmeros estudos acadêmicos que se debruçaram sobre esse público e demonstraram a importância da categoria tanto no cenário econômico quanto social, político e cultural.

Mesmo com o processo de modernização da agricultura, pode-se dizer que a produção de alimentos está na essência dos agricultores familiares, sendo que essa apresenta certa duplicidade, pois pode ser uma oportunidade de geração de trabalho e renda, ou uma produção para melhorar a oferta de alimentos para a própria dieta da família rural. A produção para o consumo próprio foi considerada um atraso à modernização dos agricultores, principalmente, advinda como crítica daqueles que defendem a posição de uma produção mais especializada e mercantilizada. Esse é o principal conflito enfrentado pelos agricultores, valendo-se das explicitações de Honneth (2003). A agricultura mercantilizada e homogeneizadora produziu o que Honneth (2013) denomina de grupos estilizados a partir de algumas características que os definem. Essa estilização reduziu a identidade dos grupos, castrou a multiplicidade de manifestações sociais e transformou a diversidade em massa. No caso dos agricultores familiares que abandonaram ou reduziram os cultivos de subsistência em função da “comoditização”, houve um processo de perda de identidade.

Todavia, ao buscar um sistema de produção alternativo, a produção para o autoconsumo é a referência e a perspectiva de mudança. É essa produção que guarda o saber fazer e a cultura alimentar herdada e “socialmente construída”, utilizando o conceito de Berger e Luckmann (2004). Resgatar esse saber fazer e transformar em um ativo do sistema agroalimentar e não o considerar um empecilho, como foi considerado pela modernização, emerge como um reconhecimento social e político desse agricultor. Para Honneth (2003), o reconhecimento vem depois do processo de percepção do

desrespeito e tentativa de massificação de um “eu” social construído, o que gerou conflitos e, a partir dessas divergências, parte-se para um processo de resgate dessas identidades quase perdidas.

Segundo Balem e Silveira (2015), “há uma progressiva desvinculação da agricultura familiar com os cultivos de subsistência”, o que chamam de “Erosão Cultural Alimentar”, representado na perda dos valores da cultura de subsistência. Para os autores, isso significa a simplificação da dieta pelo abandono da produção para autoconsumo, definida pela perda gradativa de uma alimentação variada, mais complexa nutricionalmente, alicerçada na cultura do agro e na adoção de práticas e hábitos alimentares urbanos. Essa simplificação da dieta é ocasionada pela pressão modernizante da agricultura, pela influência do ideário urbano de alimentação, construído pelos regimes alimentares modernos, e pela diminuição da capacidade de trabalho das famílias, acarretada pelo êxodo rural, envelhecimento da população rural e pela alta demanda de trabalho que alguns cultivos comerciais possuem, como por exemplo, o caso do fumo.

O que se observa em Santiago é que os cultivos comerciais, como as *commodities*, foram priorizados em detrimento à produção do autoconsumo pelas famílias entrevistadas e hoje elas precisam fazer o processo inverso. Embora exista o saber fazer preservado, houve uma erosão dessa cultura, ocasionando a perda de variedades e impactos nos conhecimentos de manejo dos sistemas de produção. A preservação da cultura alimentar está relacionada ao patrimônio alimentar, discutido por Hernández (2005). Esse termo, segundo o autor, “relaciona-se, entre outras possibilidades, com algo que foi legado pelo passado ou mais ou menos o ‘passado’ que se quer conservar” (p. 129).

Hoje, os agricultores são completamente dependentes da compra de sementes de hortaliças e milho, por exemplo. Eles possuem dificuldades de produzir mudas de hortaliças, tanto que muitos comprem as mudas em casas comerciais agropecuárias. A agricultora da agroindústria de processamento de farinha afirmou que quando falta milho da sua produção ela não consegue comprar milho crioulo dos vizinhos, pois todos produzem o grão a partir de sementes híbridas e/ou transgênicas. No entanto, a farinha de milho crioulo é a mais demandada pelos consumidores, uma vez que, conforme explica a agricultora, é mais saborosa e oferece uma consistência diferente para os pratos preparados com esse ingrediente, principalmente para polenta. Esse problema coaduna com o que Hernandez (2005) afirma, ao avaliar as transformações ocorridas a partir do processo de globalização da sociedade, ou seja, ocorreu o desaparecimento de “muitas manifestações ou produções de caráter local, desde as variedades vegetais e animais até as línguas, tecnologias e qualquer tipo de costumes e de instituições

socioculturais” (p. 130). Num processo de desrespeito cultural, como explicita Honneth (2003), culmina na desvalorização de determinado grupo social.

Esses aspectos demonstram que houve um impacto nos sistemas produtivos diversificados para o autoconsumo da AF. Os agricultores, por sua vez, sentiram sua essência sendo perdida com o processo de “comoditização”. Não eram mais produtores de alimentos, mas de mercadorias sem identidade e sem destino conhecido, produção que os desvaloriza e os agride enquanto agricultores. Isso ficou evidente nas entrevistas, pois eles tendem a observar os sistemas de produção para o PNAE como análogos aos sistemas praticados pelos pais e avós. Percebe-se que essa analogia é realizada na tangível perspectiva deles voltarem a produzir alimentos, é o patrimônio cultural da agricultura sendo resgatado por esses agricultores.

Por outro lado, os agricultores compreendem que, na atualidade, eles têm mais problemas com o manejo do que tinham antigamente. Assim, eles vivem um momento contraditório porque estão percebendo a possibilidade do ser agricultor ser resgatado, mas a bagagem de conhecimentos que trazem não é suficiente para a condução dos sistemas de produção os quais estão se propondo. Tal circunstância atribui-se pela intensa artificialização dos agroecossistemas e pelos impactos já produzidos pela agricultura baseada em agroquímicos. E também pelo caráter comercial que a produção assume, já que antes era uma produção de subsistência. Gliessmann (2000) afirma que a condução de sistemas de produção, os quais seguem os conceitos e princípios ecológicos no desenho e manejo de agroecossistemas sustentáveis, necessita aliar os aspectos da agricultura tradicional, combinados com conhecimentos ecológicos modernos. Essa afirmação de Gliessmann pode ser identificada em Santiago, pois os conhecimentos herdados não têm sido suficientes para os agricultores realizarem a transição dos sistemas de produção modernos e “comoditizados” para sistemas de produção diversificados e sustentáveis. Conhecimentos que parecem ser necessários, conhecimentos modernos sobre Agroecologia e outras áreas, que poderiam ser trabalhados por um serviço de ATER direcionado para o redesenho do sistema agroalimentar.

Todavia, a mudança dos sistemas de produção dos agricultores que comercializam com o PNAE em Santiago está mais baseada nos conhecimentos que os agricultores herdaram e construíram ao longo das suas trajetórias, porém, muitos desses conhecimentos já foram impactados pela modernização da agricultura e a produção diversificada de alimentos para o mercado atual é diferente de “quitandar”, que estava ancorada na comercialização do excedente.

A possibilidade de produzir alimentos foi recorrentemente mencionada pelos agricultores entrevistados como um dos pontos positivos do mercado institucional do PNAE. Essa noção de alimento pode ser explicada a partir de Poulain (2004), que explica que alimento é “o que nutre, o que traz ao homem os elementos que o dispêndio da vida lhes faz perder”. Mas, “para que um alimento seja reconhecido como tal, ou seja, capaz de manter a vida, ele não deve somente possuir qualidades nutricionais é preciso ainda que ele seja conhecido e / ou aceito como tal pelo comedor e pelo grupo social ao qual ele pertence” (p. 259). E a possibilidade de produzir alimento está diretamente relacionada com o reconhecimento dessa categoria social e transição de uma situação de desrespeito implícito para uma situação de valorização. Desrespeito porque os agricultores manifestaram, nas entrevistas, um sentimento de resgatar algo perdido, perdas refletidas na autoestima, na sensação de ser menos agricultor e menos importante produzindo fumo. Esse sentimento de inferioridade percebido nos agricultores dialoga com o que Honneth (2003) aponta, ou seja, o autorespeito, a autoconfiança e a autoestima afetada em consequência da situação de desigualdade que o grupo social foi submetido e se submeteu, com o tempo, o grupo assume para si esses valores negativos e não raro, são frutos do que a autora chama de mitologias sociais, isto é, a sua interpretação a partir de critérios perpetuados, que não consideram o enraizamento do grupo e as suas reais condições de evolução.

O uso intensivo de agrotóxicos e “necessário” ao cultivo do fumo, milho e soja, foi mencionado por todos os agricultores entrevistados como um problema. A produção para o PNAE representa para esses agricultores a possibilidade de migrar de sistemas intensivos de agrotóxicos para sistemas agroecológicos. Inclusive, esse também é um ponto positivo abordado pelos agricultores, embora nessa intenção também resida uma frustração desses, pois entre o desejo de produzir “sem veneno”, como afirmam, e o desenvolvimento de sistemas de produção agroecológicos permeia uma distância significativa a ser percorrida e principal obstáculo para tal concretização encontra-se na falta de informação, formação e assessoria. Esse resgate de interação com a natureza, de cultivar o agro novamente, ao invés de seguir receituários, não tem sido um caminho fácil para esses agricultores.

Esses agricultores, ao acessarem o mercado institucional do PNAE, vêm-se em um novo processo, cuja reconexão e reenraizamento são mais visíveis, resgatando o “ser agricultor” e reconhecendo esses enquanto sujeitos de transformação. Um articulador do PAE relatou: *“O PNAE abriu caminho para os produtores da cooperativa vender e ter a garantia de comercializar e receber mensalmente e com certeza melhorar a renda e a qualidade de vida. Isso aí está estampado em cada um”*. As melhorias

das condições de vida dos agricultores que estão comercializando para o PNAE são significativas. As melhoras no bem estar das famílias é significativo e foram abordadas por todos os agricultores e agricultoras entrevistadas, conforme apontamentos de uma agricultora, ao falar dos investimentos na propriedade: *“Faz dois anos que eu tô vendendo. Comprei uma caminhonete para levar os produtos, porque a gente não tinha como levar. O poço artesiano, a horta, e as coisas do trator, pé de pato, freezer, geladeira”*. Essa família tinha como renda a cultura do fumo, agora, pretende se dedicar somente aos cultivos para os mercados de circuitos curtos, pois, como a agricultora mesma afirma:

A partir da venda para as escolas, eu comecei a vender nas casas e em mercados. Tenho umas entregas certas em casas e sempre levo para mais na segunda e vendo. Eu tô aumentando a minha venda. Tem a minha filha que mora na cidade e vende pra nós também. E agora que a gente vai parar com o fumo, eu quero aumentar ainda mais a minha produção. Eu entrego para dois mercados também, batata e mandioca. Eu não venço descascar mandioca pra entregar. Já pensamos em colocar uma agroindústria para descascar mandioca.

Outra questão interessante abordada pela agricultora foi a moradia da família, ela comentou que até hoje não conseguiu uma casa decente para morar e que agora vai conseguir fazer uma casa nova. Essa mesma agricultora ainda desafiou a entrevistadora a entrevistá-la novamente no intervalo de dois anos. Afirmou toda orgulhosa: *“aí tu vai ver onde eu vou estar”*! Essa afirmação demonstra o resgate da autoestima da agricultora. Hernández (2005) aponta que a industrialização e homogeneização da alimentação estão provocando um movimento, um sentimento de nostalgia e uma tentativa de resgate e regresso às fontes do patrimônio cultural alimentar. E nós afirmamos que esse processo é uma forma de resgate e regresso do sentimento de “ser agricultor (a)”. Fica claro na afirmação dessa agricultora que plantar fumo era uma agressão à sua essência, à sua vida, ao seu “eu social” construído. Isso impactava em várias situações na sua vida, seja na casa que não era construída, no confinamento no rural, no seu ser, que era de produtor de alguma coisa, mas que não lhe despertava orgulho.

A renda mensal, a garantia de renda e a possibilidade de comercializar produtos antes não comercializados representam um reforço da identidade do agricultor e, nesse caso, um resgate do “ser agricultor (a)”, pois a família dedicava-se, praticamente o ano todo, à cultura do fumo, o que reflete, inclusive, na felicidade, como é possível observar no relato da agricultora:

A gente, aqui pra fora, quase não sai de casa. E com esse programa, agora a gente sai de casa, vai lá, vende nossas coisas, volta bem feliz. A gente ficava em casa só trabalhando e agora faz outra coisa, sou mais feliz. Eu adoro ir vender minhas coisas. As pessoas elogiam as coisas e me pedem pra levar outras coisas, quando não levo.

Outra agricultora, que faz parte da agroindústria de panificados, administrada exclusivamente por mulheres, afirmou:

A renda mensal, não sei direito, mas tá louco de bem. Eu nunca tinha visto tanto dinheiro meu assim. Nenhuma de nós. Isso dá muito orgulho. Eu não tô dizendo que eu não tinha dinheiro, mas meu, que eu produzia, do meu trabalho, eu não via. A gente tirava leite e o meu marido planta. Agora faz um tempo que o meu marido não me dá dinheiro pra nada.

A afirmação acima denota a inserção da mulher enquanto sujeito ativo na renda da família e da sua própria renda. Essa mesma agricultora expressou que, antes elas ficavam mais em casa, agora vão para a cidade todas as semanas, interagem com as escolas, participam de reuniões, ou seja, a comercialização abriu uma série de sociabilidades, antes inexistentes. O PNAE empodera os agricultores a abrir uma perspectiva de mercado e de vida, desse modo, eles vão, aos poucos, qualificando-se para acessar outros mercados de circuito curto. A agricultora representante da agroindústria de panificados ressalta essa questão do empoderamento e da segurança do programa, o que chamamos de ancoragem inicial para o estabelecimento da realocação do sistema agroalimentar.

O mercado garantido foi determinante para nós nos aventurarmos. Se não tivesse esse mercado garantido não sei se nós tínhamos feito a agroindústria. Acho que não. Porque daí nós íamos ter medo. Porque nós começamos pequenininho e quando vimos que dava certo, que todo mês tinha aquele dinheiro certinho e garantido, nós resolvemos ampliar. Esse programa tem que continuar, pra nós é muito importante, não pode parar.

Outro aspecto necessário a ser destacado nesse processo de resgate é a visibilidade dos agricultores que participam do PNAE, ou seja, o reconhecimento enquanto grupo social, abordado por Honneth (2003). Os agricultores familiares de Santiago, antes de 2009, viviam em uma situação de quase anonimato, hoje, são protagonistas de uma mudança cultural no município, são atores sociais importantes e centrais no processo de realocação do sistema agroalimentar. Vários agricultores já participaram de programas de TV e de reportagens jornalísticas. A Coopersaf foi selecionada como experiência inovadora de desenvolvimento rural pela Emater-RS e foi alvo de um processo de sistematização de experiências do estado do RS. Além disso, a Coopersaf é referência na região por ser a única cooperativa organizada essencialmente por agricultores familiares e por atender a demanda dos mercados institucionais e locais.

Para finalizar, é importante salientar que o resgate do “ser agricultor (a)” poderá ser potencializado por um serviço de extensão rural de acordo com a perspectiva de reconstrução do regime agroalimentar e inserção da AF nesse processo. O caso de Santiago demonstra muitas potencialidades,

mas talvez a principal fraqueza do processo, as dificuldades eu os agricultores tem enfrentado para redesenhar os sistemas de produção, caracterize que a capacidade produtiva da AF não está relacionada somente com a sua cultura, mas como também com o apoio e a assessoria adequada. Essa questão, demonstra ser uma agenda de pesquisa interessante, ou seja, o papel da extensão rural na construção de sistemas agroalimentares alternativos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O resgate do “ser agricultor(a)” está diretamente relacionado com a possibilidade de “produzir comida”. Os agricultores que participam do PNAE percebem a si mesmos como protagonistas de uma mudança cultural no município, além disso, se sentem valorizados. O mercado institucional da alimentação escolar permite que os agricultores saiam de uma situação de quase anonimato para uma condição de atores sociais importantes na discussão de desenvolvimento no município. Nesse processo, os agricultores constroem relações sociais e interações face a face, que, antes, não possuíam, conhecem os consumidores e desenvolvem habilidades de relação com um mercado diferenciado, mais exigente em uma série de ações, porém mais identificado com o “ser agricultor (a)”. Esse processo empodera os agricultores familiares, os reconhece com categoria social diferenciada e os capacita para acessar outros mercados, para além do PNAE. É a ancoragem inicial que vários autores apontam para o desenvolvimento de um sistema agroalimentar alternativo.

A partir da análise realizada neste artigo, pode-se inferir que o “resgate do ser agricultor” está amparado nas seguintes proposições: 1- na possibilidade de produzir alimento em vez de mercadoria; 2- na possibilidade de realizar uma transição de sistemas de produção intensivo em agroquímicos para sistemas de produção mais sustentáveis; 3- na possibilidade de ser reconhecido pela sociedade local e de ampliar a sua rede de interação social; 4- no empoderamento que a garantia de comercialização proporciona às famílias, desse modo, elas têm mais confiança e segurança para investir em atividades novas e, aos poucos, abandonar as *commodities*; 5- na possibilidade de investir no bem-estar da família e na qualidade vida.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALEM, T. A. e SILVEIRA, P. R. C. da. A erosão cultural alimentar e os desafios para a segurança alimentar. In: Guimarães, G. M. et al. O Rural contemporâneo em debate: temas emergentes e novas institucionalidades. Ijuí: ed. Unijuí, 2015. p 187-210.

BALEM, T. A. O programa de alimentação escolar brasileiro e a narrativa alternativa dos alimentos: convergências e desafios. 262f. Tese (Doutorado em Extensão Rural) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

BALEM, T. A.; SILVEIRA, P. R. C. da. Agroecologia: além de uma ciência, um modo de vida e uma política pública. In: Simpósio IESA/SBSP, 5, 2002, Florianópolis. Anais (cd room)... Florianópolis: EPAGRI, 2002.

BERGER, P. ; LUCKMANN, T. A construção social da realidade: tratado de sociedade do conhecimento. FERNANDES, F. de. S. (Trad.). – 24. Ed.- Petrópolis: Editora Vozes, 2004.

BRASIL. Lei n. 11.947, de 16 de junho de 2009. Dispõe sobre o atendimento da alimentação escolar e do Programa Dinheiro Direto na Escola aos alunos da educação básica (...). Diário Oficial da União, Pode Executivo, Brasília, DF, 17 de julho de 2009. Seção 01, p. 02.

BRASIL; FNDE. Resolução/CD/FNDE nº 38, de 16 de julho de 2009. Dispõe sobre o atendimento da alimentação escolar aos alunos da educação básica no Programa Nacional de Alimentação Escolar - PNAE. Disponível em: <http://www.emater.df.gov.br/sites/200/229/00001691.pdf>. Acesso em 08 de setembro de 2011.

DÍAZ MÉNDEZ, C.; GÓMEZ BENITO, C. Alimentación, consumo e salud. Obral social Fundación la Caixa, 2008. (Colección Estudios Sociales, Núm. 24)

FRIEDMANN H. After Midas’s Feast: alternative food regimes for the future. In: ALLEN, P. (ed.) Food for the future: conditions and contradictions of sustainability. California: John Wiley e Sons, Inc., 1993. p. 213-233.

FRIEDMANN, H. From colonialism to green capitalism: social movements and emergence of food regimes. Research in rural sociology and development, v.11, p. 227-264, 2005.

GLIESSMAN, Stephen R. Agroecologia: processos Ecológicos em Agricultura sustentável. Porto alegre: editora Universidade/UFRGS, 2000.

GOODMAN, D.; SORJ, B.; WILKINSON, J. Da lavoura às biotecnologias: agricultura e indústria no sistema internacional. Rio de Janeiro: Centro Edelstein de pesquisas sociais, 1990.

GOODMANN, D. The “ Turn Quality” and Alternative Food Pratices: Reflections and Agenda. Journal of Rural Studies, v.19, n.1, 2003.

HERNÁNDEZ. J. C. Patrimônio e Globalização: o caso das culturas alimentares. CANESQUI, A. M.; GARCIA, R.W.D. (Orgs.). Antropologia e Nutrição: um diálogo possível. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2005. p. 109-146.

HONNETH, A. LUTAPOR RECONHECIMENTO: A gramática moral dos conflitos sociais. São Paulo: Editora 34, 2003.

HONNETH, A. O eu no nós: reconhecimento como força motriz de grupos. *Sociologias*, Porto Alegre, ano 15, n. 33, mai./ago. 2013, p. 56-80.

ILBERY, B. et al. Product, process and place an examination of food marketing and labelling schemes in Europe and North America. *European Urban and Regional Studies*, London, UK, v. 12, n. 2, p. 116-132, 2005.

LANG, T., BARLING, D; CARAHER, M. Food policy: integrating health, environment and society. UK: Oxford University Press, 2009.

LANG, T.; Crisis? What Crisis? The Normality of the Current Food Crisis. *Journal of Agrarian Change*, v.. 10, n. 1, 2010, p. 87–97.

McMICHAEL, P. A. food regime genealogy. *Journal of Peasant Studies*, v.36, n.1, p.139 – 169, 2009.

MORGAN, K. J. Local and Green, Global and Fair: The Ethical Foodscape and the Politics of Care. *Environment and Planning A*, v. 42, n. 8, p.1852 – 1867, 2010.

MORGAN, K.; SONNINO, R. The school food revolution: public food and the challenge of sustainable development. London: eathscan publishing for a sustainable future, 2008.

PICOLOTTO, E. L. Os Atores da Construção da Categoria Agricultura Familiar no Brasil. *RESR*, Piracicaba-SP, Vol. 52, Supl. 1, 2015, p. S063-S084.

POULAIN, J. P. *Sociologias da Alimentação: os comedores e o espaço social alimentar*. Florianópolis: Editora da UFSC, 2004.

SANTOS, M. *A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção*. São Paulo: Hucitec, 1996.

VAN DER PLOEG, J. D. Camponeses e Impérios Alimentares: lutas por autonomia e sustentabilidade na era da Globalização. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2008.

WISKERKE, J.S.C. On places lost and places regained: reflections on the alternative food geography and sustainable regional development. *International Planning Studies*, v. 14, n. 4, p. 369 -387, 2009.

Capítulo 8



10.37423/221206968

ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DO DESMATAMENTO NA MICRORREGIÃO DA CHAPADA DAS MANGABEIRAS – MA

Clemeson Cardoso Vale

Antonia de Lima da Silva

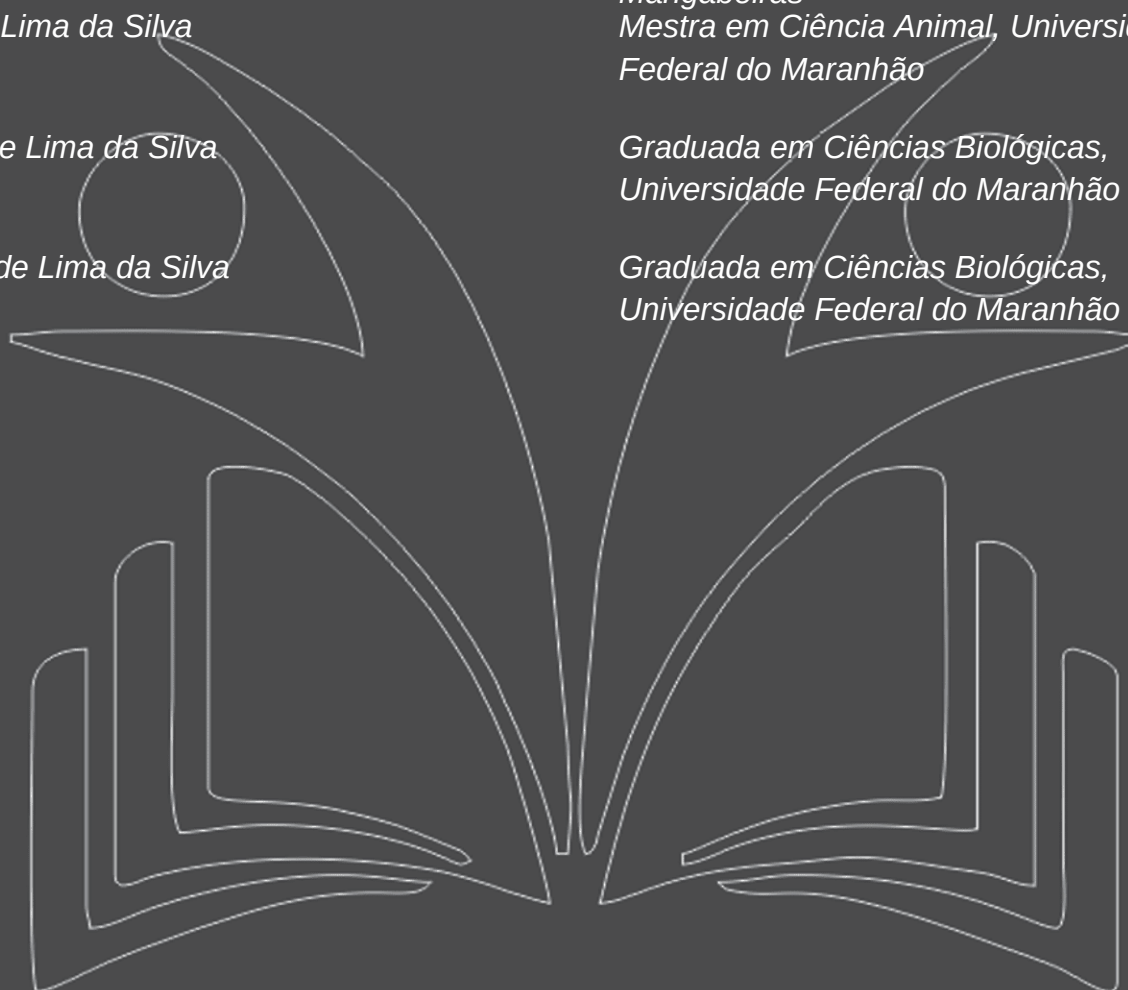
Mauriane de Lima da Silva

Mauricelia de Lima da Silva

*Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do
Maranhão - Campus São Rdo das
Mangabeiras
Mestra em Ciência Animal, Universidade
Federal do Maranhão*

*Graduada em Ciências Biológicas,
Universidade Federal do Maranhão*

*Graduada em Ciências Biológicas,
Universidade Federal do Maranhão*



Resumo: A cobertura vegetal natural do Cerrado no Estado do Maranhão é composta por formações florestais, savânicas e campestres. Por sua vez, devido ao desmatamento na região, o Estado representa cerca de 20% das áreas antropizadas do Cerrado brasileiro. Assim objetivou-se analisar a dinâmica espaço-temporal do processo de desmatamento na microrregião da Chapada das Mangabeiras – Maranhão, localizada no Bioma Cerrado no espaço temporal entre 2010 a 2020. A área de estudo é composta por 08 municípios, que juntos compõem a microrregião da Chapada das Mangabeiras, sendo eles: São Raimundo das Mangabeiras, Fortaleza dos Nogueiras, Loreto, São Domingos do Azeitão, Sambaíba, Benedito Leite, Nova Colinas e São Félix de Balsas. O mapeamento das áreas de supressão vegetal, foi realizado por meio de estudos e análises das bases de dados do Instituto Nacional de Pesquisa Espacial, Sistema PRODES/Cerrado e MapBiomas v.5.0 para fins de identificação e consequente mensuração desta característica. Verificou-se um aumento do desmatamento nos últimos dez anos, sendo que em 2020 a área desmatada foi de 275,13 km², equivalendo a 34,99% do total desmatado entre o período analisado (2010 a 2020). Os dados apresentados ajudam a compreender a evolução da ocupação do território analisado e os possíveis impactos sobre o bioma predominante da microrregião, sendo um importante subsídio para orientar a população em geral e em especial os gestores públicos no que diz respeito ao desenvolvimento e aplicação de políticas públicas para a conservação e uso sustentável dos recursos naturais.

Palavras-chave: Desflorestamento. Geotecnologias. Monitoramento. Cerrado.

1 INTRODUÇÃO

O território maranhense é composto pelos biomas Amazônico com vegetação característica de árvores altas, matas de várzeas nas planícies periodicamente inundadas e matas de igapó permanentemente inundadas; Cerrado e suas diferentes fitofisionomias desde as mais abertas (campos) até matas fechadas; e Caatinga, caracterizado pela presença de uma vegetação arbustiva com galhos retorcidos e com raízes profundas, e de cactos e bromélias, o que lhe atribui grande diversidade morfológica e ambiental (SPINELLI-ARAUJO et al., 2016).

A vegetação é um dos componentes mais importantes da biota e o desmatamento também chamado de desflorestamento é a supressão parcial e/ou total da flora nativa de um determinado espaço, para fins de utilização do solo; podendo ocorrer em feições de vegetação secundária ou não. A supressão vegetal caracteriza-se pelas práticas iniciais de preparo do solo, tais como limpeza da área que inclui o corte, capina ou queimada, resultando na eliminação da cobertura vegetal existente e consequentemente na redução da diversidade de organismos.

Devido ao aumento das necessidades humanas e os novos desafios econômicos e socioambientais, é aplicado uma forte pressão sobre os recursos naturais, promovendo conflitos, o que na maioria das vezes, tem como resultados o uso impróprio da aptidão natural do solo, comprometendo cada vez mais a vegetação. Desta forma torna-se imprescindível que as ações antrópicas no meio natural sejam precedidas por estudos de impactos ambientais.

Segundo o MapBiomas, Tocantins e Maranhão, repectivamente, são os Estados que mais perderam a vegetação nativa de Cerrado na última década. A iniciativa revelou que a região do MATOPIBA mais que dobrou a área destinada à agropecuária nos últimos 36 anos (IPAM – AMAZÔNIA, 2022).

A cobertura vegetal natural do Cerrado no Estado do Maranhão é composta por formações florestais, savânicas e campestres. Por sua vez, devido ao desmatamento na região, o Estado representa cerca de 20% das áreas antropizadas do Cerrado brasileiro (MMA, 2018). No Cerrado sul maranhense é observada a maior densidade de atividades antrópicas, principalmente relacionadas às atividades agrícolas, que têm alterado significativamente o cenário de uso e cobertura do solo na região (MINGOTI et al., 2014).

Além da relevância ambiental, do Cerrado depende a sobrevivência de diversas comunidade tradicionais que compõem o patrimônio histórico e cultural brasileiro, tais como: ribeirinhos, povos originários, babaqueiros, quilombolas, entre outras.

Com isso, a compreensão da dinâmica do desmatamento se tornou elemento de forte interesse para a comunidade científica, o que resultou num grande número de pesquisas. Para tais estudos e análises, a observação e coleta *in loco*, aplicações técnicas de Sensoriamento Remoto (SR) e Sistema de Informações Geográficas (SIG) podem ser fundamentais e indispensáveis nos estudos voltados à observação do meio ambiente, às quais proporcionam a visualização de possíveis alterações no cenário ao decorrer dos anos em uma mesma área.

Estas tecnologias têm sido aplicadas cada vez mais em estudos ambientais, planejamento urbano, cadastro multifinalitário, saúde pública, agricultura, entre muitas outras áreas. Estas atuam como suporte eficiente para tomada de decisão, o que torna o Geoprocessamento um elemento fundamental para o desenvolvimento sustentável.

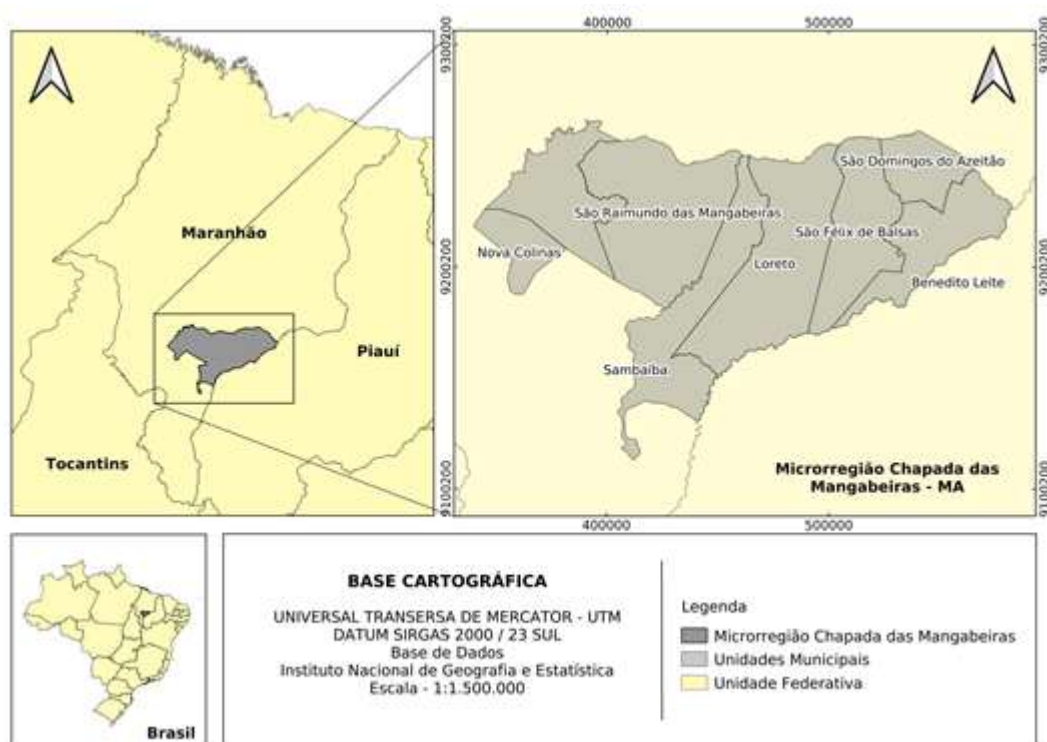
Em estudos realizados por Valadares (2017), ressalta-se a importância do estudo sobre a possível evolução do uso e cobertura do solo por técnicas de geoprocessamento em áreas que sofrem ocupação antrópica, para determinar a sua vulnerabilidade ambiental, modelar os cenários prospectivos do uso do solo, indicando a tendência espacial do crescimento urbano e demais mudanças futuras no uso da terra.

Nesse sentido, o uso de ferramentas geotecnológicas que auxiliem no monitoramento, controle e avaliação de impactos causados pelo desmatamento, poderá permitir estudos que busquem entender e acompanhar a velocidade da alteração, bem como o processo de regeneração do ambiente analisado.

Assim objetivou-se analisar a dinâmica espaço-temporal do processo de desmatamento na microrregião da Chapada das Mangabeiras – Maranhão, localizada no Bioma Cerrado no espaço temporal entre 2010 a 2020.

2 METODOLOGIA

A área do presente estudo envolve a Microrregião da Chapada das Mangabeiras – MA, que é composta por 08 municípios sendo eles: São Raimundo das Mangabeiras (07° 01' 19" S; 45° 28' 51" O), Fortaleza dos Nogueiras (06° 57' 50" S; 46° 10' 37" O), Loreto (07° 05' 02" S; 45° 08' 27" O), São Domingos do Azeitão (06° 48' 36" S; 44° 38' 42" O), Sambaíba (07° 08' 24" S; 45° 20' 45" O), Benedito Leite (07° 13' 22" S; 45° 33' 28" O), Nova Colinas (07° 06' 57" S; 46° 15' 25" O) e São Félix de Balsas (07° 04' 58" S; 45° 48' 46" O) (Figura 1).

Figura 1: Municípios que integram a Microrregião da Chapada das Mangabeiras - Maranhão.

Fonte: Autores.

O presente estudo tem a principal característica revisional, tanto no contexto da literatura quanto no levantamento e tratamento de dados espaciais. Desta forma, o mapeamento das áreas com supressão vegetal (desmatamento), fez-se por meio do cruzamento de informações dos estudos e análises de dados geográficos produzidos pelos seus programas de monitoramento ambiental, compostas pelo Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE), Sistema PRODES/Cerrado e MapBiomas v.5.0 para fins de identificação e consequente mensuração destas características.

A metodologia utilizada consistiu no cruzamento de dados e comparação entre as informações das bases relacionados à detecção de desmatamento no período analisado. As coletas de dados foram realizadas no mês de agosto de 2020. Os procedimentos metodológicos quanto ao processamento dos dados espaciais foram divididos em duas principais etapas:

- I. Obtenção e processamento dos produtos de sensoriamento remoto por meio das plataformas MapBiomas e PRODES/Cerrado;
- II. Estratificação anual dos padrões de áreas de desmatamento na microrregião analisada.
- III. As geometrias categorizadas dentro dos padrões de estratificação anual, foram verificadas utilizando a validação topológica. Tal metodologia visa detectar possíveis inconsistências no processo de validação de dados e geometrias utilizando as relações espaciais de adjacências, sobreposições e igualdade entre outras relações (Borges, 2002)

A abordagem gráfica procedeu-se após a classificação dos dados, realizando a composição dos mapas e geração de produtos cartográficos junto ao Sistema de Informações Geográficas (SIG) QGis®, versão 3.4.

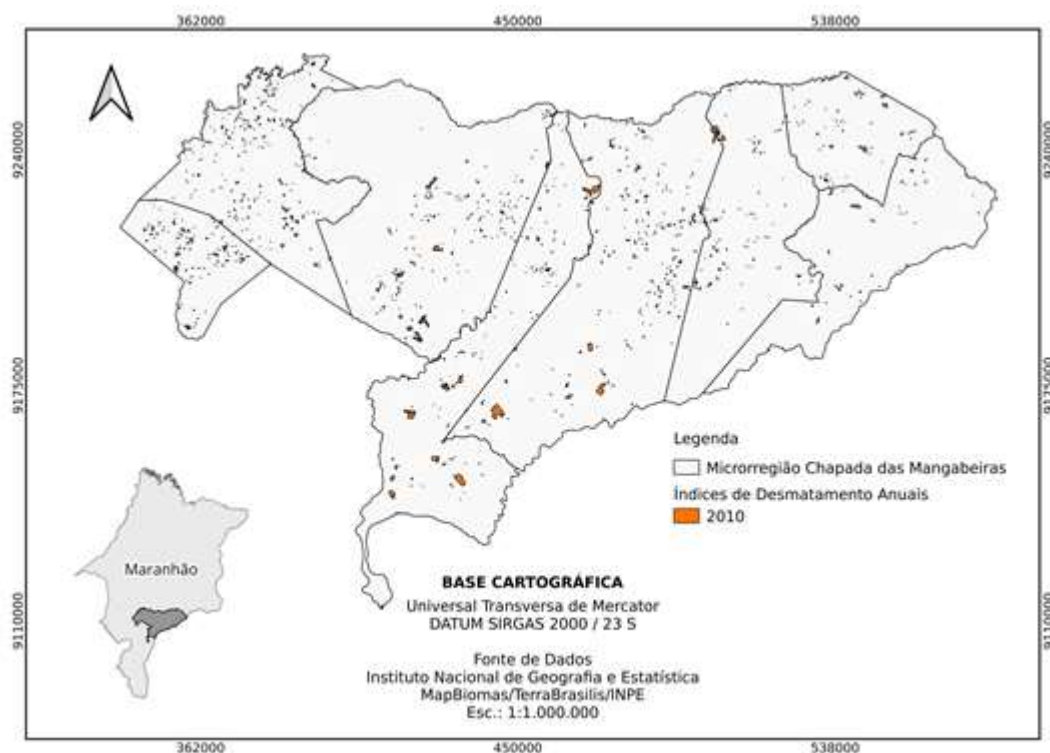
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da década de 70, o cerrado brasileiro passou a ser alvo direto da exploração agrícola devido à necessidade de uma maior produção por conta do aumento das exportações agrícolas, que se tornou um dos maiores motivos para expansão do agronegócio no país e, consequentemente, do aumento do desmatamento no cerrado (PRODES Cerrado, 2019).

As transformações ocorridas no Cerrado trouxeram grandes danos ambientais como a fragmentação de habitats, extinção da biodiversidade, invasão de espécies exóticas, erosão dos solos, poluição de aquíferos, degradação de ecossistemas, alterações nos regimes de queimadas, desequilíbrios no ciclo do carbono e possivelmente modificações climáticas regionais (MACHADO & QUEVEDO, 2019). Apesar de sua reconhecida importância, o Cerrado é o bioma brasileiro que mais sofreu alterações pela ocupação humana.

No que diz respeito aos níveis de desmatamento na microrregião Chapada das Mangabeiras no ano de 2010, pode-se analisar a quantidade de quilômetros de cerrado desmatados, onde se constatou um total de 250,93 km² (Figura 2). Dentro deste quantitativo, os municípios de Loreto e São Raimundo das Mangabeiras são destaques como os que mais apresentaram áreas desmatadas, com 71 km² e 64,13 km², respectivamente. Já o município de Benedito Leite, apresentou o menor índice, equivalendo a 4,74 km² dentre os oito municípios que compõem a microrregião. Essa dinâmica do desmatamento materializa uma diferenciação municipal, apresentando o quantitativo de 66,26 km² de diferença, quando se compara os dois municípios que apresentaram maior e menor área desmatada.

Figura 2: Taxas de desmatamento (km²) na Microrregião da Chapada das Mangabeiras – MA no ano de 2010.



Fonte: Autores.

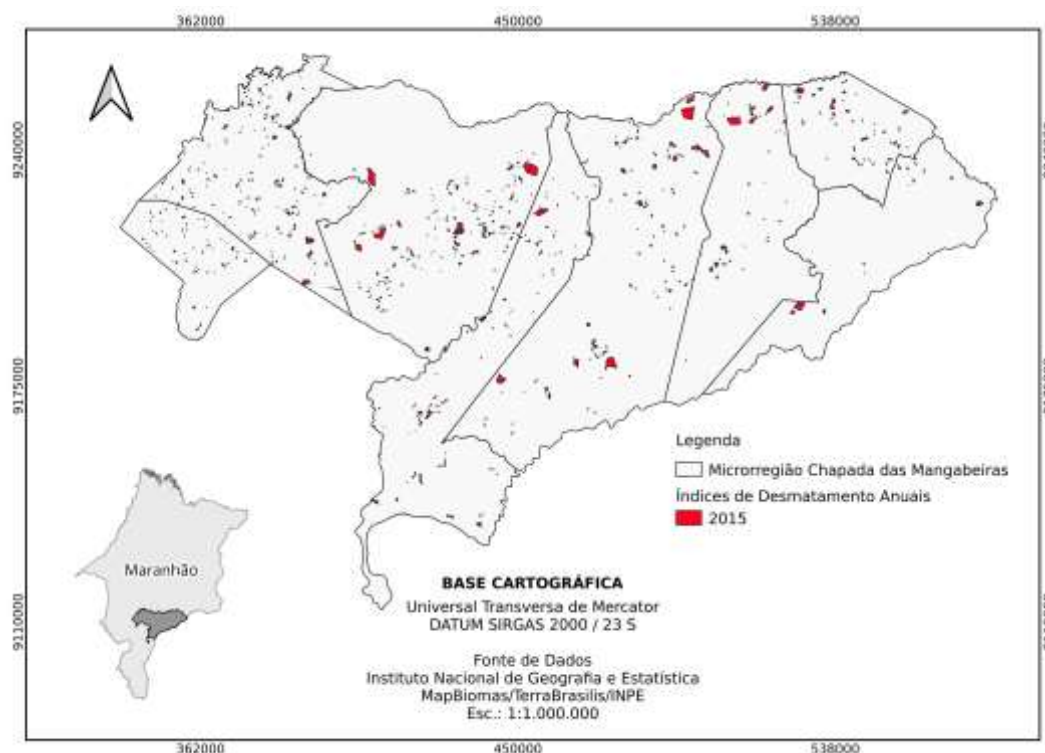
As causas do desmatamento são múltiplas e podem estar ligadas às atividades ilícitas e/ou práticas não sustentáveis realizadas, principalmente, no setor econômico que envolve a agricultura, pecuária, extrativismo vegetal, madeireira, construção civil, etc. A região ocupada pelo bioma Cerrado é vista pelo setor agropecuário como estratégica na economia brasileira para expansão da fronteira de produção, respondendo atualmente por 60% da produção agrícola anual do país, segundo dados divulgados pela Rede Cerrado em 2018.

A ocupação humana e a rápida expansão das atividades agropecuárias transformaram o bioma em um dos ecossistemas mais ameaçados do mundo. Uma vez que, para expansão da agropecuária os atores envolvidos lançaram mão de uso intensivo de agroquímicos, fertilizantes e corretivos; pisoteio excessivo de animais; monocultivos e cultivos em larga escala. Tal conversão de áreas de cerrado em áreas de agropecuária resulta em perda de vegetação primária.

Considerando o desmatamento no ano de 2015, os municípios que apresentaram maiores incrementos de supressão vegetal continuam sendo Loreto (71,5 km²), São Raimundo das Mangabeiras (64,49 km²), seguidos por Sambaíba (45,4 km²), equivalendo 69,7 % da área total

desmatada que foi de 260,21 km² no período analisado (Figura 3). O desmatamento acarreta diversos problemas, como perda da biodiversidade, as emissões de gás carbônico, de metano e de outros gases causadores de efeito estufa, assim como a redução de territórios de populações que tradicionalmente habitam a floresta.

Figura 3: Taxas de desmatamento (km²) na Microrregião da Chapada das Mangabeiras – MA no ano de 2015.



Fonte: Autores.

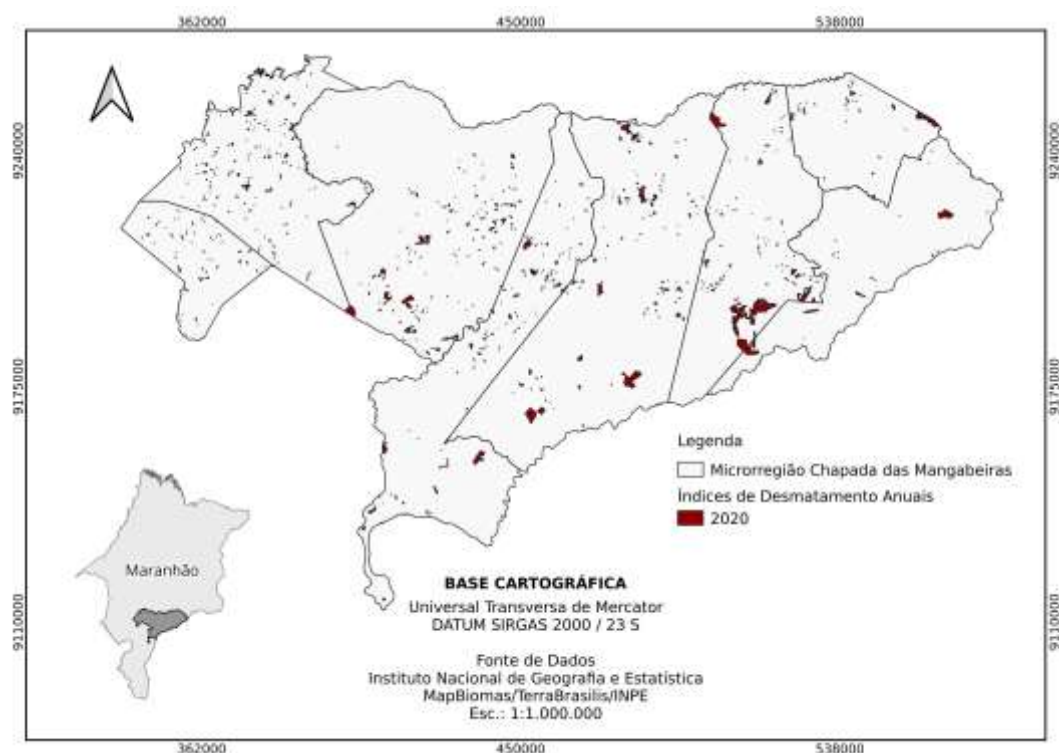
Tais resultados enfatizam que o desmatamento pode estar relacionado também com a área territorial do município, ou seja, quanto maior for à área territorial, pode ocorrer um maior desmatamento. Essa concentração do desmatamento em poucos municípios deve ser considerada nas ações de fiscalização, visto que se torna mais fácil e produtivo acompanhar o desmatamento onde as frentes produtivas estão instaladas.

O uso agropecuário praticado na região pode ser considerado distinto, em que apresenta áreas com uma agricultura moderna e algumas áreas de uso pecuário rudimentar. A agricultura moderna tem intensificado o uso de áreas do Cerrado brasileiro e maranhense, ocupando de grandes áreas, suprimindo a vegetação primária, interferindo desta forma na biodiversidade local. O uso pecuário

rudimentar se apresenta com pastagens abandonadas, o surgimento de capoeiras e áreas com regeneração e o consequente surgimento de uma floresta secundária.

Em geral, houve um aumento do desmatamento nos últimos dez anos, sendo que em 2020 a área desmatada foi de 275,13 km², equivalendo a 34,99% do total desmatado entre o período analisado (2010 a 2020) (Figura 4).

Figura 4: Taxas de desmatamento (km²) na Microrregião da Chapada das Mangabeiras – MA no ano de 2020.



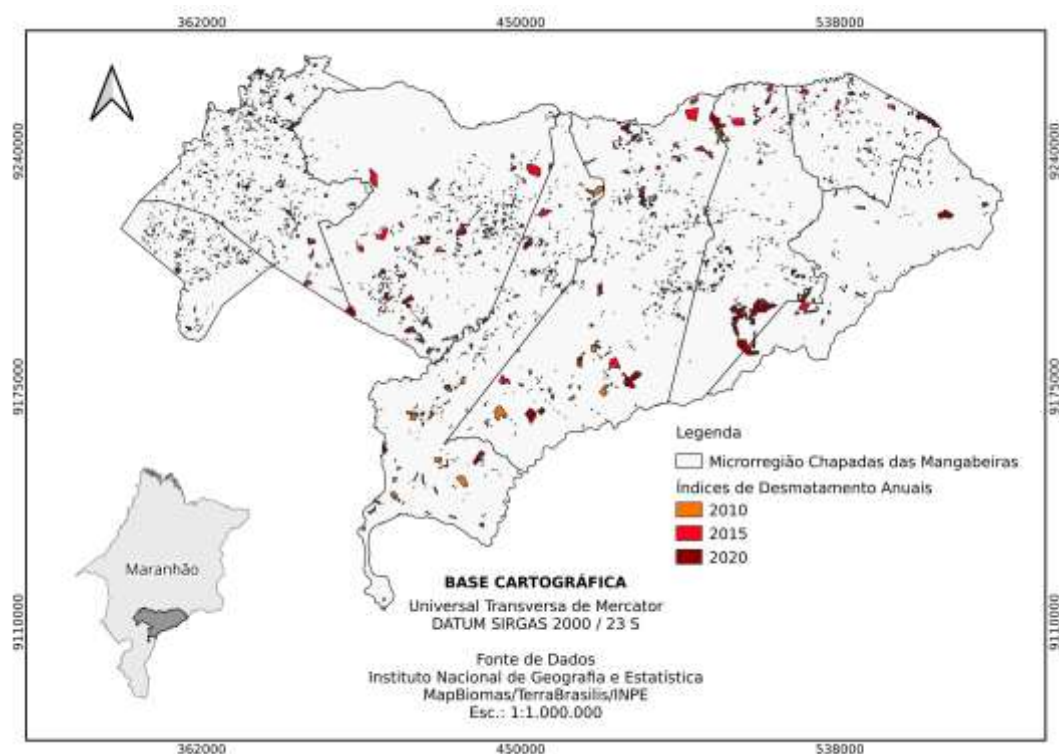
Fonte: Autores.

As altas taxas anuais de desmatamentos indicam que está ainda em curso uma fronteira agrícola sobre o bioma, destacando-se a soja (*Glycine max* L.) como principal produto agrícola e o desenvolvimento da pecuária. Vale lembrar que, em alguns casos a expansão do cultivo da soja pode ser direcionada para áreas antes ocupadas pela pecuária; isso porque muitas vezes pode ser mais rentável para o pecuarista desmatar, abrindo novas áreas para pastagens com o intuito de aumentar sua produtividade, do que recuperar os pastos mais antigos e já em algum processo de degradação causado pela falta de manejo adequado.

Na Microrregião, a taxa de desmatamento no bioma entre 2010 e 2020 foi de 786,27 km². Dentre os municípios que compõem a microrregião, os que tiveram maior contribuição nos incrementos de

desmatamento em áreas do bioma Cerrado foram: Loreto (194,83 km²), São Raimundo das Mangabeiras (166,3 km²), São Félix de Balsas (114,03 km²) e Sambaíba (112,85 km²) (Figura 5).

Figura 5: Taxas de desmatamento (km²) na Microrregião da Chapada das Mangabeiras – MA entre 2010 e 2020.



Fonte: Autores.

A acelerada alteração da paisagem natural e o crescimento das áreas urbanas nas últimas décadas, juntamente com o planejamento inadequado da gestão de recursos naturais e a deficiência na execução das políticas públicas, têm proporcionado a deterioração da qualidade ambiental, consequentemente, da qualidade de vida da população.

Tais fatos demonstram que o processo de desmatamento na microrregião, no bioma Cerrado, ainda ocorre com intensidade elevada em alguns municípios, o que requer atenção redobrada do sistema de monitoramento e fiscalização sobre estes territórios. Abordar a redução do desmatamento de maneira adequada e compatível com a complexidade que se apresenta requer firme decisão de todos os setores que compõem a sociedade.

Esse esforço coletivo e multissetorial possibilitará a conciliação da continuidade da produção, com o desenvolvimento de uma economia diversificada na região, garantindo direitos e rendas a

comunidades locais e a devida proteção dos valiosos ecossistemas naturais do Cerrado (WWF - BRASIL, 2018).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A microrregião analisada tem como vegetação predominante o cerrado, que é ainda um ecossistema pouco estudado, havendo grande carência de trabalhos que envolvam estudos de fisionomia, monitoramento e sazonalidade, principalmente quando o sensoriamento remoto é utilizado como ferramenta para averiguação. Apesar da sua reconhecida importância, o Cerrado é o bioma brasileiro que mais sofreu alterações pela ocupação humana.

Ao analisar a situação da microrregião quanto ao desmatamento no período analisado nesta pesquisa, dados preocupantes foram observados, constatando-se a iminente necessidade de uma maior fiscalização e posterior aplicação de ações que acabem ou minimizem a forma com que o bioma tem sido explorado.

As taxas de desmatamento acumulado no período analisado foi de 786, 27 km², sendo que o ano de 2020 apresentou a taxa de desmatamento equivalente a 34,99% do total desmatado. Essa conversão do Cerrado em outras formas de uso, ameaça a manutenção dos serviços ecossistêmicos prestados pelo bioma, como a provisão de água, regulação do clima e conservação da biodiversidade, além da oferta de alimentos.

Os dados apresentados ajudam a compreender a evolução da ocupação do território analisado e os possíveis impactos sobre o bioma predominante da microrregião, sendo um importante subsídio para orientar a população em geral e em especial os gestores públicos no que diz respeito ao desenvolvimento e aplicação de políticas públicas para a conservação e uso sustentável dos recursos naturais.

Diante o exposto, faz-se necessário a elaboração de um estudo complementar que identifique de forma mais detalhada as principais causas, efeitos, atores e o nível de responsabilidade de cada um em relação ao desmatamento para os possíveis usos e ocupações dos solos na microrregião estudada.

REFERÊNCIAS

BORGES, Karla Alburquerque de V. Modelagem de Dados Geográficos. Curso de especialização em geoprocessamento. UFMG. Minas Gerais, 2002. Disponível em:

<https://www.csr.ufmg.br/geoprocessamento/publicacoes/Modelagem%20de%20dados%20geografico.PDF> Acesso em: Out.2021.

IPAM – AMAZÔNIA. Matopiba bate recorde histórico de desmatamento no cerrado. 2022. Disponível em: <<https://ipam.org.br/matopiba-bate-recorde-historico-de-desmatamento-no-cerrado/>> Acesso em: 05/05/2022

MACHADO, M. A. L. & QUEVEDO, M. F. Educação ambiental para revegetação e recuperação de uma área degradada na RPPN Cabeceira do Prata em Jardim (MS). Revista Brasileira de Educação Ambiental, São Paulo, v. 14, p. 389 – 400, 2019.

MINGOTI, R. et al. Matopiba: caracterização das áreas com grande produção de culturas anuais. Embrapa Gestão Territorial - Nota Técnica/Nota Científica, 2014. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/105192/1/20140721-NotaTecnica6.pdf>> Acesso em: 03/09/2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. Análises no Cerrado. Disponível em: <<http://combateadodesmatamento.mma.gov.br/analises-no-cerrado>>. Acesso em: 03/09/2019.

PRODES. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Coordenação Geral de Observação da Terra. PRODES, 2019: incremento anual de área desmatada no Cerrado Brasileiro. 2019. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/cerrado>> Acesso em: 27/02/2021.

PROJETO MAPBIOMAS – Coleção v.5.0 da Série de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. 2019. Disponível em: <<https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/>> Acesso em: 06/02/2021.

QGIS Development Team. QGIS User Guide, Release 2.18.22: QGIS Project, 2018. Disponível em: <<http://download.osgeo.org/qgis/win64/>> Acesso em: 10/ 02/2020.

REDE CERRADO. Estratégias Políticas para o Cerrado: desenvolvimento socioeconômico responsável, conservação e uso sustentável da biodiversidade e redução do desmatamento e restauração da vegetação nativa. 2018. Disponível em:

<http://redecerrado.org.br/wp-content/uploads/2018/09/Estrategias-Políticas-para-o-Cerrado_web.pdf> Acesso em: 05/05/2022.

SPINELLI-ARAUJO, L. et al. Conservação da biodiversidade do estado do Maranhão: cenário atual em dados geoespaciais. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2016. 29 p.

VALADARES, A. A. Análise da dinâmica do uso e cobertura do solo sobre a vulnerabilidade Ambiental em área do Distrito Federal. 2017. 216 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

WWF – BRASIL. Nas mão do Mercado, o futuro do Cerrado: é preciso interromper o desmatamento. 2018. Disponível em:

<https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/areas_prioritarias/cerrado/manifestodocerrado/> Acesso em: 05/ 05/2022.

Capítulo 9



10.37423/221207003

RESISTÊNCIA NATURAL DE CHAPAS DE MADEIRAS AGLOMERADAS AOS CUPINS NASUTITERMES SURINAMENSIS (HOLMGREN) E N. CORNIGER (MOTSCHU.) (ISOPTERA: TERMITIDAE).

RAIMUNDA LIÉGE SOUZA DE ABREU

*INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA
AMAZÔNIA*

EDIGELSON BRAZ CHAVES

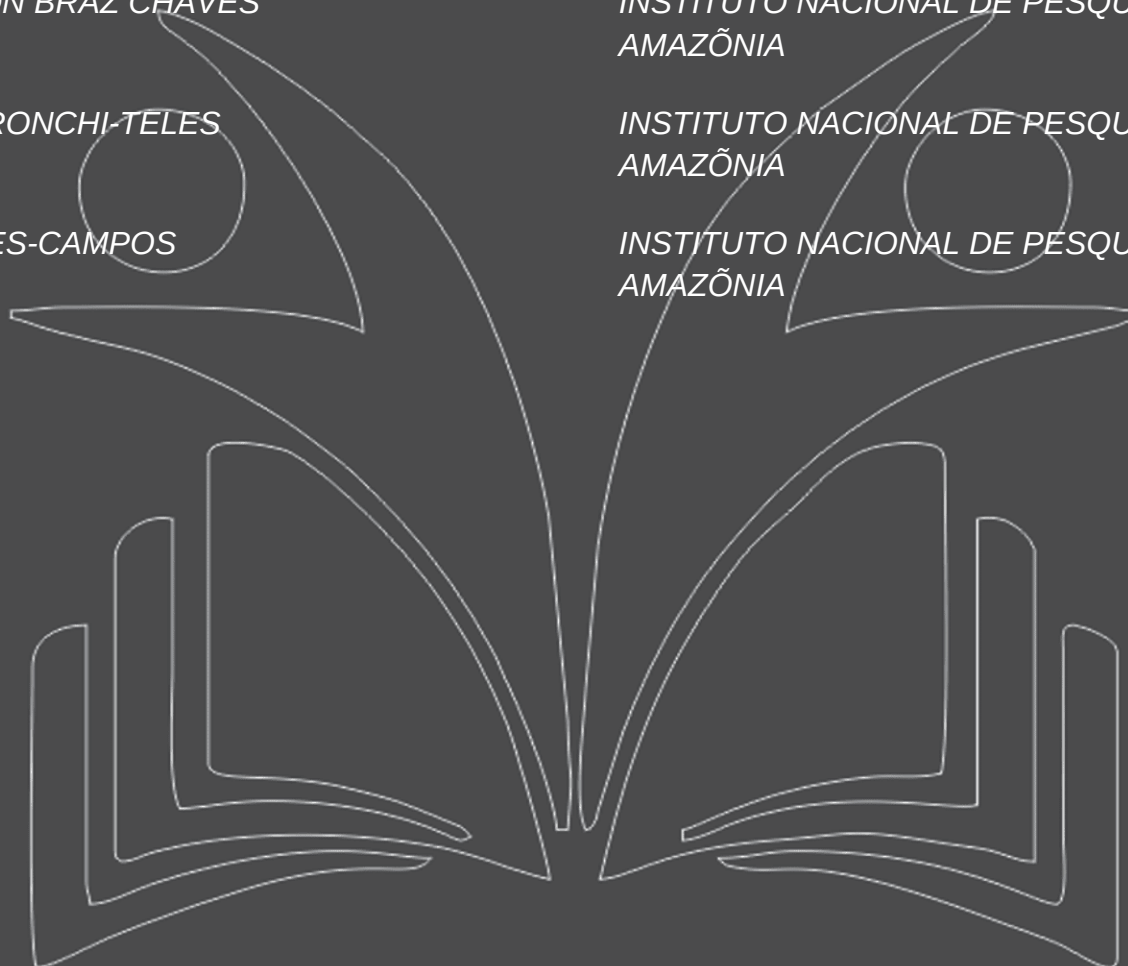
*INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA
AMAZÔNIA*

BEATRIZ RONCHI-TELES

*INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA
AMAZÔNIA*

CECI SALES-CAMPOS

*INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA
AMAZÔNIA*



Resumo: Os cupins ou térmitas consomem uma variedade de materiais que contêm celulose, incluindo madeiras úmidas em seus diversos estágios e usos, razão pela qual são denominados xilófagos. Em diversas regiões do mundo, esses insetos são responsáveis por grande parte dos prejuízos advindos da deterioração biológica da madeira. Em função da importância desses insetos, este projeto de pesquisa teve por objetivo avaliar a resistência natural de chapas de madeiras aglomeradas a ação de cupins *Nasutitermes surinamensis* (Holmgren) e *N. corniger* (Motschulsky). As espécies estudadas foram: *Caryocar villosum* Pers. (piquiarana), *Copaifera multijuga* Hayne (copaíba), *Couratari oblongifolia* Ducke & R. Knuth (tauari), *Ecclinusa guianensis* Eyma (caucho), *Ocotea guianensis* Aubl (louro-espinho), *Ocotea* sp. (louro), *Pinus taeda* (pinus), *Scleronema micranthum* Ducke (cardeiro), e *Virola surinamensis* Rol. Warb (virola). A avaliação da resistência foi feita por meio do ensaio de preferência alimentar, onde corpos-de-prova foram expostos ao ataque dos cupins durante 30 dias. O delineamento experimental foi composto por um bloco por colônia de cupins, contendo nove espécies, dispostas aleatoriamente, com cinco repetições, sendo *P. taeda* a testemunha. Os resultados dos ensaios indicam que a perda de massa sofrida pelas espécies *S. micranthum*, *E. guianensis*, *C. multijuga*, *V. surinamensis*, foi de 100%, sendo consideradas não resistentes ao ataque das duas espécies de cupins avaliadas. *P. taeda* também não apresentou resistência, porém sofreu maior perda de massa causado pelo consumo alimentar de *N. surinamensis*. *C. villosum* e *O. guianensis* foram consideradas altamente resistentes.

INTRODUÇÃO

Os cupins têm uma grande importância econômica como pragas de madeira e de outros materiais celulósicos, além de exercer papel essencial nos processos de decomposição e ciclagem de nutrientes. São insetos da Infraordem Isoptera (Blatodea), que contém cerca de 2.976 espécies descritas no mundo (Constantino 2020). Possuem alta capacidade de destruir e danificar o madeiramento de construções, postes de linhas de transmissão de eletricidade, mourões de cerca e dormentes, comprometendo a segurança destes. No âmbito doméstico atacam portas, batentes, assoalhos e muitas outras peças de madeira em uso (Berti Filho 1993).

É do conhecimento que, em relação ao número de essências florestais existentes em florestas ao redor do globo terrestre, poucos são os estudos relacionados à resistência natural da madeira e seus produtos derivados com relação ao ataque de cupins. Logo, abrem-se campos para pesquisas nessa área, visando encontrar informações sobre características energéticas, químicas, físico-mecânicas da madeira e o efeito dos extrativos na resistência natural das madeiras a fungos e térmitas (cupins) xilófagos (Guerra 2010). Segundo (Paes 2002), a resistência natural é a capacidade da madeira de resistir ao ataque de agentes deterioradores, sem que tenha passado por um tratamento preservativo. A resistência da madeira à deterioração é a capacidade inerente à espécie de resistir à ação de agentes deterioradores, incluindo os agentes biológicos, físicos e químicos.

Em virtude da utilização da madeira para diversos fins é de essencial importância o conhecimento de sua resistência natural ao ataque de organismos xilófagos, entre eles os cupins, para que seja possível fazer recomendações de usos adequados a cada espécie. Como isso, pode-se evitar um maior custo em virtude da baixa vida útil desse material, necessitando de reposições e conseqüentemente de maior exploração dos recursos florestais (Farias Sobrinho *et al.* 2005). Assim, o conhecimento da resistência de chapas aglomeradas, ao ataque de térmitas deve servir de base para a prevenção da degradação e a correta destinação para uso desse material (Okino *et al.* 2007).

Embora existam alguns trabalhos avaliando a resistência natural de madeiras amazônicas ao ataque de cupins, sejam em ensaios de alimentação forçada ou teste de escolha ou preferência alimentar (Bustamante e Martius 1998; Abreu e Silva 2000; Oliveira 2008; Stallbaun *et al.* 2017; Costa *et al.* 2019; Souza *et al.* 2022), com chapas ou painéis de madeiras aglomeradas, são escassas.

Assim, este trabalho teve como propósito o estudo da susceptibilidade de chapas de madeira aglomeradas, quando submetidas ao ataque de cupins *Nasutitermes surinamensis* (Holmgren) e *N. corniger* (Motschulsky) (Isoptera: Termitidae) em testes de preferência alimentar.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização dos ensaios foram utilizadas chapas de madeiras aglomeradas das seguintes espécies florestais: *Caryocar villosum* Pers. (piquiarana), *Copaifera multijuga* Hayne (copaíba), *Couratari oblongifolia* Ducke & R. Knuth (tauari), *Ecclinusa guianensis* Eyma (caucho), *Ocotea guianensis* Aubl (louro-espinho), *Ocotea* sp. (louro), *Scleronema micranthum* Ducke (cardeiro) e *Virola surinamensis* Rol. Warb (virola). A espécie *Pinus taeda* L. (pinus) foi utilizada como testemunha. O estudo foi realizado no Laboratório de Entomologia da Madeira da Coordenação de Tecnologia e Inovação do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (INPA).

MONTAGEM DO ENSAIO DE PREFERÊNCIA ALIMENTAR

Para a montagem dos testes, as colônias dos cupins foram colocadas em caixas d'água com capacidade para 500 litros. Como suporte para o ensaio, duas camadas de tijolos foram colocadas ao redor da colônia, e para evitar a fuga dos cupins colocou-se água dentro das caixas ao nível de aproximadamente 10 cm (Figura 1 A).

Para a realização do experimento foi utilizada a metodologia similar a usada por Abreu e Silva (2000). De cada uma das chapas das espécies florestais foram cortadas amostras, medindo 3,0 x 1,5 x 1,5 cm. Estas amostras foram pesadas e após, colocadas em estufa a temperatura de 100 °C. Nesse período foram pesadas até a estabilização do peso e posteriormente, submetidas ao ataque dos cupins. O delineamento experimental foi composto por um bloco por colônia de cupins, contendo as nove espécies, incluindo a testemunha, dispostas aleatoriamente, com cinco repetições. (Figura 1 B).



Figura 1. Disposição da colônia na caixa d'água (A) e dos corpos-de-prova (B).

Foto: Edigelson Chaves.

A previsão do tempo experimental seria de 45 dias, tempo suficiente para que as amostras perdessem cerca de 60% de sua massa, que é o parâmetro para desmontagem do teste. Devido o ataque severo dos cupins aos corpos-de-prova, inclusive com o consumo da testemunha em muitos casos chegando a 100%, o experimento foi desmontado com trinta dias.

A avaliação da resistência das madeiras aglomeradas foi feita com base no peso das amostras-teste antes e após o teste alimentar dos cupins, segundo a classificação abaixo:

$$PM = \frac{P1-P2}{P1} \times 100,$$

Onde: P1 = peso seco inicial; P2 = peso seco final; PM = perda de massa (%).

De acordo com a perda de massa os corpos-de-prova foram classificados, segundo as normas da ASTM (1978), conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação da resistência de madeiras ao ataque de cupins.

Perda de massa (%)	Classe
0 a 10	Altamente resistente (AR)
11 a 24	Resistente (R)
Acima de 45	Não resistente (NR)

Fonte: ASTM (1978).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos testes de preferência alimentar das madeiras aglomeradas, submetidas ao ataque dos cupins *N. surinamensis*, estão apresentados na Tabela 3. Das oito espécies avaliadas, seis mostram-se não-resistentes, com perda massa variando de 85 a 100% e duas altamente resistentes. Para *N. corniger*, os resultados estão registrados na Tabela 4, onde observa-se que quatro das espécies mostraram-se não-resistentes, com perda de massa entre 73 e 100%, uma resistente e três, altamente resistentes.

Ainda na análise das Tabelas 3 e 4, observa-se que, *P. taeda*, utilizada como testemunha, mostrou-se não resistente ao consumo alimentar das duas espécies de cupins avaliadas, porém considerando o consumo da espécie *N. surinamensis*, a perda de massa foi de 100%.

A análise da perda de massa revelou que os corpos-de-prova de *S. micranthum*, *E. guianensis*, *C. multijuga*, *V. surinamensis* e *C. oblongifolia* foram os mais danificados, sendo classificados como não-resistentes, tanto a *Nasutitermes surinamensis* como a *Nasutitermes corniger*. *Ocotea* sp. mostrou-se não resistente apenas a *N. surinamensis*. Já as amostras de *C. villosum* e *O. guianensis* foram classificados como altamente resistentes ao ataque das duas espécies de cupins (Tabela 3 e 4).

Tabela 3 - Perda de massa e classificação da resistência natural de corpos-de-prova de chapas aglomeradas de nove espécies florestais ao ataque de *Nasutitermes surinamensis*, no teste de preferência alimentar.

Espécies florestais	Perda de Massa (%)	Classe de Resistência
<i>Scleronema micranthum</i>	100%	NR
<i>Ecclinusa guianensis</i>	100%	NR
<i>Copaifera multijuga</i>	100%	NR
<i>Pinus taeda</i>	100%	NR
<i>Virola surinamensis</i>	100%	NR
<i>Ocotea</i> sp.	96%	NR
<i>Couratari oblongifolia</i>	85%	NR
<i>Caryocar villosum</i>	10%	AR
<i>Ocotea guianensis</i>	8%	AR

NR = Não resistente; AR = Altamente resistente.

Tabela 4 - Perda de massa e classificação da resistência natural de corpos-de-prova de chapas aglomerada de nove espécies florestais ao ataque de *Nasutitermes corniger*, no teste de preferência alimentar.

Espécies florestais	Perda de Massa (%)	Classe de Resistência
<i>Ecclinusa guianensis</i>	100%	NR
<i>Copaifera multijuga</i>	100%	NR
<i>Virola surinamensis</i>	100%	NR
<i>Scleronema micranthum</i>	73%	NR
<i>Pinus taeda</i>	52%	NR
<i>Couratari oblongifolia</i>	19%	R
<i>Caryocar villosum</i>	2%	AR
<i>Ocotea</i> sp.	1%	AR
<i>Ocotea guianensis</i>	0%	AR

NR = Não resistente; AR = Altamente resistente.

Diversos trabalhos sobre avaliação do consumo alimentar de cupins e consequentemente, da resistência natural de madeiras do Brasil, já foram realizados com várias espécies de *Nasutitermes* (Bustamante e Martius 1998; Oliveira 2008; Paes 2002; Paes *et al.* 2002; 2007; Silva 2008; Melo *et al.* 2010; Vasconcellos e Moura 2010; Stallbaun *et al.* 2017; Souza *et al.* 2022).

Com relação a *N. corniger*, Bustamante e Martius (1998) avaliaram sete espécies florestais amazônicas ao ataque desse cupim e observaram que as espécies apresentaram grande perda de massa e aquelas com diferentes estágios de deterioração (2,4 e 6 meses expostas no campo) foram as mais susceptíveis. De acordo com os autores, quanto mais úmida a madeira, menor é sua a resistência à mastigação. Em uma arena de forrageamento de um ninho de *N. corniger*, Silva (2008) também testou três espécies de madeiras com diferentes estágios de decomposição e observou que houve consumo alimentar dessas espécies, porém a preferência alimentar foi pela madeira de *E. grandis*. O autor também observou que decomposição da madeira aumentou a frequência e intensidade de recrutamento pelo referido cupim. Embora as madeiras aglomeradas, avaliadas neste estudo não tenham sido submetidas à deterioração, elas ficaram em ambiente aberto, onde as condições de temperatura e umidade não foram controladas, propiciando condições favoráveis a alimentação dos cupins.

No ensaio de preferência alimentar, quando avaliou várias espécies nativas da região Semiárida brasileira e exóticas, ao ataque de *N. corniger*, Paes *et al.* (2002; 2007), também observou que a maioria das espécies se mostraram não resistentes.

Vasconcellos e Moura (2010) em Pernambuco, avaliando o consumo da madeira de três espécies florestais da mata Atlântica por três espécies de *Nasutitermes*, registraram um grande consumo de madeiras pelos cupins utilizados, inclusive *N. corniger* foi a segunda espécie que mais contribui com a perda de massa das espécies florestais analisadas.

Como observado, os resultados apresentados neste ensaio de preferência alimentar. estão em consonância com todos os ensaios realizados, reportados acima, sejam com os de preferência alimentar ou os de alimentação forçada, demonstrando que *N. corniger* é uma espécie que não discrimina entre madeiras de distintas espécies.

Para o cupim *N. surinamensis* poucos trabalhos foram realizados para avaliar a preferência e o consumo alimentar por diferentes madeiras (Bustamante e Martius 1998, Abreu e Silva, 2000). Nestes trabalhos as madeiras avaliadas apresentaram susceptibilidades diferentes em relação ao ataque desse cupim. Por exemplo, no trabalho de Bustamante e Martius (1998) de sete espécies amazônicas avaliadas, *N. surinamensis* mostrou clara preferência por somente uma das espécies e que foi submetida a 2, 4 e 6 meses de deterioração antes do ensaio. Em contraposição, no trabalho de Abreu e Silva (2000), das dez espécies avaliadas, também da Amazônia, 6 mostraram-se não resistentes, 2 resistentes e 2 altamente resistentes.

Os cupins estudados neste trabalho são importantes do ponto de vista econômico e ecológicos. *N. corniger* é abundante e constante na Amazônia e em várias regiões do Brasil e é uma das principais espécies do gênero *Nasutitermes*, devido aos grandes danos que ocasiona, sendo considerada praga de áreas urbanas, onde apresenta maior distribuição (Dambros, 2012; Ribeiro e Abreu 2014; Abreu *et al.* 2020; Silva e Corrêa-Neto 2020). *N. surinamensis* também é comum na região amazônica, porém menos abundante e pode ser encontrado tanto em florestas primárias como em secundárias (Bustamante e Martius 1998; Dambros 2012; Acioli e Oliveira 2013; Ribeiro e Abreu 2014; Abreu *et al.* 2020; 2021; Silva e Corrêa-Neto 2020).

Das espécies florestais avaliadas neste trabalho, *Virola surinamensis* e *Caryocar villosum* apresentaram baixa resistência a *Nasutitermes* sp. (Oliveira 2008) e alta resistência a *Nasutitermes octopilis* (Costa *et. al.* 2019), respectivamente. Estes resultados estão de acordo com o apresentado neste trabalho,

onde as referidas espécies também apresentaram comportamento similar, frente às espécies de cupins avaliadas.

CONCLUSÃO

De acordo com os resultados e com as condições que os experimentos foram realizados, pode-se concluir que das nove espécies submetidas ao ataque de cupins *Nasutitermes surinamensis* e *N. corniger*, apenas duas espécies apresentam alta resistência a esses agentes deterioradores: *Cariocar villosum* e *Ocotea guianensis*.

Estes testes fornecem subsídios para novas pesquisas sobre o uso adequado de madeiras aglomeradas em função de sua resistência às espécies de cupins utilizadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abreu, R.L.; Silva, K.E.S. 2000. Resistencia natural de dez espécies madeiras da Amazônia ao ataque de *Nasutitermes macrocephalus* (Silvestri) e *N. surinamensis* (Holmgren) (Isoptera: Termitidae). *Revista Árvore*, 24 (2): 229-234.

Abreu, R.L.; Queiroz, L.O.; +Vianez, B.F.; Gouveia, F.B.P.; Sales-Campos, C. 2020. Cupins associados a árvores urbanas de 10 bairros da cidade de Manaus, Amazonas. *Brazilian Journal of Development*, 6: 88793-88809.

Abreu, R.L.; Ronchi-Teles, B.; Sales-Campos, C.; +Vianez, B.F. 2021. Deterioração da madeira cardeiro (*Scleronema micranthum*) por cupins da família Termitidae em ambiente florestal. *Braz. Journal Editora*, São José dos Pinhais-PR, 1: 250-271. ISBN: 978-65-86230-86-4.

Acioli, A.N.S.; Oliveira, P.V.C. 2013. Cupins (Isoptera) invasores da rede elétrica em áreas urbanas na região do Alto Solimões, Amazônia Ocidental, Brasil. *EntomoBrasilis*, 6: 150-156. doi:10.12741/ebrasilis.v6i2.332

American Society for Testing and Materials – ASTM. 1978. Anual book de ASTM startand method of accelerated laboratory test of natural decay resistance of wood. ASTM D-2017, p. 639-644.

Berti Filho, E. 1993. Manual de pragas em florestas; Cupins ou térmitas. São Paulo, IPEF/SIF, 3. 56 pp.

Bustamante, N.C.R.; Martius, C. 1998 Nutritional preferences of wood-feeding termites inhabiting floodplain forests of the Amazon River, Brazil. *Acta Amazonica*, 28: 301–307. <http://doi.org/10.1590/1809-43921998283307>.

Constantino, R. 2020. On-line termite database. Brasília. Disponível em <http://www.termitologia.net/>. Acesso em 23 Dez 2022.

Costa, F.N.; Cardoso, R.P.; Mendes, C.S.; Rodrigues, P.R.G.; Reis, A.R.S. 2019. Natural resistance of seven Amazon woods to xylophagous termite *Nasutitermes octopilis* (Banks). *Floresta e Ambiente*, 26: e20170145. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.014517>. ISSN 2179-8087 (online)

Dambros, C.S.; Mendonça, D.R.M.; Rebelo, T.G.; Moraes, J.W. 2012. Termite species list in a terra firme and ghost forest associated with a hydroelectric plant in Presidente Figueiredo, Amazonas, Brazil. *Check List*, 8: 718–721. ISSN 1809-127X (disponível em www.checklist.org.br).

Farias Sobrinho, D.W.; Paes, J.B.; Furtado, D.A. 2005. Tratamento preservativo da madeira de algaroba (*Prosopis juliflora*), pelo método de substituição de seiva, *Cerne*, 11(3): 225-236.

Guerra, S.S. 2010. Influência do teor de extrativos na resistência natural de cinco madeiras à cupins xilófagos. Monografia, Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, ES. 36 pp.

Melo, R.R.; Santini, E.J.; Paes, J.B.; Garlet, A.; Stangerlin, D.M.; Del Menezzi, C.H.S.

2010. Resistência de painéis aglomerados confeccionados com madeira de *Eucalyptus grandis* e diferentes adesivos a fungos e cupins xilófagos. *Cerne*, Suplemento, 16: 82-89.

Okino, E.Y.A.; Alves, M.V.S.; Teixeira, D.E.; Souza, M.R.; Santana, M.A.E. 2007. Biodegradação de chapas de partículas orientadas de pinus, eucalipto e cipreste expostas a quatro fungos apodrecedores. *Scientia Forestalis*, 74: 67-74

Oliveira J.G. 2008. Resistência natural de dez espécies de madeira ao ataque cupim subterrâneo em condição de laboratório. Monografia, Centro de Ciências Tecnológicas Aplicadas da Universidade Regional de Blumenau. 40 pp.

Paes, J. B, 2002. Resistência natural da madeira de *Corymbia maculata* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson a fungos e cupins xilófagos, em condições de laboratório. *Revista Árvore*, 26(6): 761-767.

Paes, J.B.; Morais, V.M.; Lima, C.R. 2002. Resistência das madeiras de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*), cássia (*Senna siamea*) e ipê (*Tabebuia impetiginosa*) a fungos e cupins xilófagos, em condições de laboratório. *Floresta e Ambiente*, 9: 135-44.

Paes, J.B. Melo, R.R.; Lima C.R.; Oliveira E. 2007. Resistência natural de sete madeiras ao cupim subterrâneo (*Nasutitermes corniger* Motsch.) em ensaio de preferência alimentar. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 2: 57-62.

Ribeiro, M.L.O.; Abreu, R.L.S. 2014. Entomofauna de cupins em um fragmento de floresta secundária na cidade de Manaus, Amazonas, com ênfase em hábitos xilófagos. III Congresso de Iniciação Científica do INPA – CONIC-INPA. Manaus. p. 187-189. ISSN 2178 9665.

Stallbaun, P.H.; Barauna, E.E.P.; Paes, J.B.; Ribeiro, N.C.; Monteiro, T.C.; Arantes, M.D.C. 2017. Resistência natural da madeira de *Sclerolobium paniculatum* Vogel a cupins em condições de laboratório. *Floresta e Ambiente*, 24: e20160013. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.001316>. ISSN 2179-8087 (online)

Silva, V.S. 2008. Comportamento de forrageamento de *Nasutitermes corniger* (Motschulsky) (isoptera: termitidae) e sua ocorrência em áreas urbanas. Universidade Estadual Do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos Dos Goytacazes-RJ.

Silva, S.C.B., Corrêa-Neto, J.J. 2020. Riqueza e composição de Térmitas (Blattodea, Isoptera) em manguezais do litoral amazônico. *Entomological Communications*, 2: ec02037. Doi: 10.37486/2675-1305.ec02037. e-ISSN: 2675-1305.

Souza, D.A.T.; Vasconcelos, R.G Moura-Neto, L. Bustamante, N.C.R. 2022. Resistência natural de três espécies de madeiras comerciais ao ataque de térmitas (Insecta, Blattodea) em fragmento florestal urbano de Manaus, Amazonas. *Research, Society and Development*, 11: e365111133602. ISSN 2525-3409. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i11.33602>.

Vasconcellos, A.; Moura, F.M.S. 2010. Wood litter consumption by three species of *Nasutitermes* termites in an area of the Atlantic Coastal Forest in northeastern Brazil. *Journal of Insect Science*, 10: 1-9.

 conhecimentolivre.org/home
 contato@conhecimentolivre.org
 [editoraconhecimentolivre](https://www.instagram.com/editoraconhecimentolivre)

CIÊNCIAS AGRÁRIAS: A MULTIDISCIPLINARIDADE DOS RECURSOS NATURAIS

VOLUME X