



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACET- FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
MESTRADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL



**UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS ESPECTROSCÓPICAS NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE
DA ÁGUA EM PISCICULTURA.**

Carolina de Sena Madureira Figueiró

Dourados – 2016



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACET- FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
MESTRADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL



**UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS ESPECTROSCÓPICAS NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE
DA ÁGUA EM PISCICULTURA.**

Carolina de Sena Madureira Figueiró

Dissertação apresentada ao Programa de Ciências e Tecnologia Ambiental, da Universidade Federal da Grande Dourados, para a obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental.

Área de Concentração – Ciência Ambiental

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Seila Rojas de Souza.
Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Márcia Regina Russo.

Dourados – 2016.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

S474u Sena Madureira Figueiro, Carolina de
Utilização de Técnicas Espectroscópicas na Avaliação da Qualidade da
Água em Piscicultura. / Carolina de Sena Madureira Figueiro -- Dourados:
UFGD, 2016.
87f. : il. ; 30 cm.

Orientadora: Seila Rojas de Souza.

Co-orientadora: Márcia Regina Russo

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Faculdade de
Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal da Grande Dourados.

Inclui bibliografia

1. Absorção no UV-Vis. 2. Espectroscopia de Fluorescência. 3. Piscicultura.
4. Qualidade da Água. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

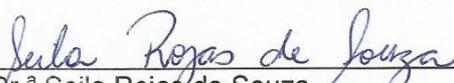
©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.



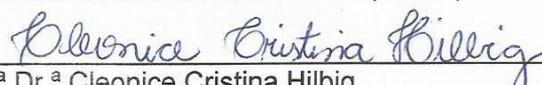
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE MESTRADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL

Termo de Aprovação

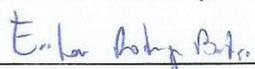
Após apresentação, arguição e apreciação pela banca examinadora, foi emitido o parecer APROVADO, para a dissertação intitulada: **“Utilização de técnicas espectroscópicas na avaliação da qualidade da água em piscicultura”**, de autoria de **Carolina de Sena Madureira Figueiró**, apresentada ao Programa de Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal da Grande Dourados.



Prof.^a Dr.^a Seila Rojas de Souza
Presidente da banca examinadora (UFGD)



Prof.^a Dr.^a Cleonice Cristina Hilbig
Membro Examinador (UFGD)



Prof. Dr. Eriton Rodrigo Botero
Membro Examinador (UFGD)

Dourados/MS, 18 de março de 2016.

Aos meus pais
Luiz David e Maria Augusta,
Com amor e gratidão.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, porque com Ele tenho tudo!!

Com muito amor e respeito, agradeço aos meus pais Luiz David e Maria Augusta, que acreditaram e acreditam em mim, no meu trabalho e por toda orientação dada ao longo dessa etapa e de muitas.

À minha Orientadora Prof^a. Dr^a Seila Rojas de Souza pela amizade, orientação e por confiar nesse trabalho inovador que, com seu conhecimento profissional e pessoal, abraçou a causa e me fez crescer muito. Gratidão Prof!!!!

À minha Co-orientadora Prof^a. Dr^a Márcia Regina Russo, quem me pilhou de fazer o mestrado, e assim estou finalizando mais essa jornada. Agradeço por todas as conversas e apoios dados antes, durante e depois das idas e vindas em campo.

Ao Prof^o. Dr. Anderson Rodrigues Lima Caires, pela contribuição dada, a qual enriqueceu muito esse trabalho. Obrigada!

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental - PPGCTA pela oportunidade e suporte.

À Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul - FUNDECT pela bolsa concedida, a qual me ajudou muito!!!

À Superintendência Federal de Pesca e Aquicultura do Estado de Mato Grosso do Sul pelo suporte técnico com os kits para as análises da água em campo, em especial agradeço ao Prof^o. Dr. Celso Benites e ao Eng^o Msc. Adilson Nascimento. Muito obrigada!

Ao Grupo de Óptica Aplicada – GOA, pelo auxílio no desenvolvimento de nossa pesquisa e aos colegas por esses dois anos juntos com boas risadas, conversas, café e muitos estudos: Deluana (Delu), Alessandra (Alê), Flávio (Russo), Cícera, Eliene, Nicele, William Falco, Heberth Lee, Rose, Simone, Danilo (Bauru), Fabiano, Poly, José Nilson (JN).

Ao Laboratório de Espectrofotometria e Cromatografia Aplicada – LECA, por disponibilizar o uso do equipamento para nossas análises, de grande importância. Obrigada!

Ao Prof^o. Dr. Gustavo Graciano Fonseca pela oportunidade em desenvolver nosso trabalho dentro do projeto: *“Pesquisa, Desenvolvimento Social e Tecnológico e Inovação Para a Piscicultura e Pesca do Território da cidadania Grande Dourados – MS”* e pelo grupo NUPAQ-UFGD pela super ajuda em campo e materiais de apoio.

Todos da AGRAER de Glória de Dourados/MS, em especial aos técnicos Eng^o Msc. Edwin Baur, Eng^o. André Luiz pela amizade e suporte técnico dado e Sr. José Anísio (Seu Zé), pela valiosa ajuda em campo e boas risadas. Também sou grata aos produtores rurais e piscicultores: Sr Givanildo Lopes, Srs. Francisco e Antônio Rigatto e Sr. Nilson Ferrari, por nos receber em suas propriedades e concedê-las para nossa pesquisa.

Aos meus irmãos que amo, Mariana e André, e a minha tia Maria com carinho, pelas vibrações positivas, conversas e incentivos.

Às minhas avós Laurinda e Edith, pelas orações e torcidas, representando todos os familiares que torceram e torcem por mim.

Aos meus sobrinhos Ísis Maria, Giovanna e Thiago, pelo amor e carinho.

Agradeço às amigas que fiz em Dourados, que se tornaram parceiras minhas, me ajudando na alegria e na tristeza, na riqueza e na pobreza, na saúde e na doença, nas festas e nos estudos: Maria Aparecida (Lia), Janaína Peserico (Jana), Débora Bastos (Dé), Nayara (Nay) e a Cory (Cornelia), de Maracajú. Valeu gatonas!!!!

À minha amiga de infância Danusa Freire, pela amizade e companheirismo nesse momento importante, das boas risadas douradenses e por me encaminhar ao johrei, muito obrigada!!!

Ao meu amigo Profº Dr. Sérgio Fachin, que de longe sempre esteve por perto, pelo carinho, amizade e conversas.

Ao meu amigo Eng. Sanitarista Profº Dr. Armando Borges de Castilhos Jr., pela amizade, boas risadas e incentivos.

Ao Johrei Center de Dourados, em nome da Ministra Branca e Paula e ao Johrei Center de Campo Grande, em nome da Ministra Cida, obrigada pela amizade e carinho nesse e em outros momentos de minha vida. Minha eterna gratidão a vocês!!!

Enfim, tenho em mente cada um dos amigos e amigas que compartilharam e ainda compartilham nos momentos de loucura e de tranquilidade, por tudo que sou hoje e por tudo aquilo que me fez estar onde estou.

Obrigada de coração!!!

“O mundo não foi feito em alfabeto. Senão que primeiro em água e luz. Depois árvore”.

Manoel de Barros.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	18
1.1 OBJETIVOS	20
1.1.1 Geral	20
1.1.2 Específicos	20
2. REVISÃO DA LITERATURA	24
2.1 Panorama Geral da Piscicultura.....	24
2.2 Tipos de Tanques para Piscicultura	25
2.3 Qualidade da Água na Piscicultura.....	26
2.4 Caracterização da Qualidade da Água por Espectroscopia de Fluorescência e Absorção no Ultravioleta e Visível (UV-Vis).....	29
3. MATERIAIS E MÉTODOS	36
3.1 Área de Estudo.....	36
3.2 Caracterização dos Tanques.....	37
3.2.1 Procedimentos de Amostragem de Água.....	39
3.3 Variáveis Limnológicas, Espectroscopia de Fluorescência e Absorção UV-Vis.....	41
3.3.1 Variáveis Limnológicas	41
3.3.2 Análises Espectroscópicas: Fluorescência e Absorção UV-Vis	42
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
4.1 Precipitação.....	46
4.2 Variáveis Limnológicas	47
4.3 Espectroscopia de Fluorescência.....	50
4.4 Espectroscopia de Absorção no Ultravioleta e Visível (UV-Vis).....	67
4.5 Informações Adicionais.....	71
5. CONCLUSÃO	76
6. PROPOSTAS FUTURAS	80
REFERÊNCIAS	82

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação Parcial do Diagrama de Jablonski adaptado.....	29
Figura 2 - Regiões 1, 2 e 3 encontradas dos mapas 3D através da Matriz de Excitação-Emissão (MEE) para as amostras de água dos tanques lonados de piscicultura durante o cultivo de tilápias do Nilo.....	32
Figura 3 - Localização dos tanques de piscicultura em Glória de Dourados/MS	36
Figura 4 - Tilápia do Nilo (<i>O. niloticus</i>)	37
Figura 5 - Imagens dos tanques escavados lonados para o cultivo de tilápia do Nilo, tanques 2 e 4 com aeradores, Glória de Dourados/MS	39
Figura 6 - <i>Lay-out</i> dos pontos de coletas nos tanques de pisciculturas, Glória de Dourados/MS	40
Figura 7 - Equipamentos utilizados em campo para coleta e análises limnológicas ' <i>in situ</i> ' da água dos tanques lonados de piscicultura em Glória de Dourados/MS	42
Figura 8 - A) Espectrofotômetro Cary Eclipse e B) Espectrofotômetro Cary 50	43
Figura 9 - Comportamento da Precipitação (mm) durante o período produtivo nos tanques de piscicultura, Glória de Dourados/MS.....	46
Figura 10 - Mapas 3D para o tanque 1 ao longo do cultivo produtivo de tilápia do Nilo.....	51
Figura 11 - Mapas 3D para o tanque 2 ao longo do cultivo produtivo de tilápia do Nilo.....	52
Figura 12 - Mapas 3D para o tanque 3 ao longo do cultivo produtivo de tilápia do Nilo.....	53
Figura 13 - Mapas 3D para o tanque 4 ao longo do cultivo produtivo de tilápias do Nilo	54

Figura 14 - Intensidade de Fluorescência da Proteína (IFPro) de todos os tanques ao longo do tempo ($\lambda_{ex}/\lambda_{em}$ 280/340 nm)	56
Figura 15 - Intensidades de Fluorescência para o Triptofano (T_1 : $\lambda_{ex}/\lambda_{em}$ 280/350 nm e T_2 : 230/350 nm) para água de todos os tanques	57
Figura 16 - Intensidade de Fluorescência da Tirosina ($\lambda_{ex}/\lambda_{em}$ 275/310 nm) e Fenilalanina ($\lambda_{ex}/\lambda_{em}$ 260/280 nm) ao longo do tempo para água em todos os tanques.....	58
Figura 17 - Mapa 3D da ração fornecida aos peixes, diluída em água destilada	59
Figura 18 - Resposta da Intensidade de Fluorescência para diferentes concentrações de ração diluída em água destilada	60
Figura 19 - Intensidade de Fluorescência da Matéria Orgânica (IFMO) de todos os tanques ao longo do cultivo durante o estudo ($\lambda_{ex}/\lambda_{em}$ 335/425 nm).....	61
Figura 20 - Intensidade de Fluorescência da Clorofila (IFChl) para todos os tanques ao longo do tempo ($\lambda_{ex}/\lambda_{em}$ 420/685 nm)	63
Figura 21 - Comportamento geral das Intensidades de Fluorescência para IFPro, IFMO e IFChl para cada tanque de piscicultura.....	64
Figura 22 - Mapas 3D para os tanques 1 e 2 com intensidades de fluorescência entre λ_{ex} 230-430/ λ_{em} 580-650 nm no mês de abril/15.....	65
Figura 23 - Espectros de emissão da ficoeritrina (PE) extraída de monoculturas de cianobactérias com λ_{ex} 530 nm.....	66

Figura 24 - Absorção no UV-Vis da água de todos os tanques ao longo do período do estudo **68**

Figura 25 - Espectro de absorção do pigmento ficoeritrina PE bruto e purificado a partir da extração de cianobactérias *Microchaete sp.*..... **69**

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Informações gerais dos tanques de piscicultura (tanques 1, 2, 3 e 4) fornecidas pelos piscicultores e medidas em campo - Glória de Dourados/MS.	38
Tabela 2 - Composição da ração fornecida para os peixes.....	38
Tabela 3 - Variáveis limnológicas e respectivos equipamentos utilizados nas coletas ' <i>in situ</i> ' para a água dos tanques lonados de piscicultura – Glória de Dourados/MS.	41
Tabela 4 - Resultados das variáveis limnológicas e horários de coleta para o tanque 1.	47
Tabela 5 - Resultados das variáveis limnológicas e horários de coleta para o tanque 2.	47
Tabela 6 - Resultados das variáveis limnológicas e horários de coleta para o tanque 3.	48
Tabela 7 - Resultados das variáveis limnológicas e horários de coleta para o tanque 4.	48
Tabela 8 - Valores de absorção em λ_{abs} 254 nm (A_{254}) e a relação das absorções em λ_{abs} 300 e 400 nm (A_{300}/A_{400}).	70
Tabela 9 - Peso médio final (g) das tilápias do Nilo dos tanques do estudo.	71

Resumo

Recentemente, estudos envolvendo a análise da qualidade de água em diferentes sistemas aquáticos têm despertado o interesse de diversos pesquisadores. Neste sentido, as técnicas espectroscópicas vêm sendo aplicadas à avaliação de compostos associados à matéria orgânica e as outras substâncias presentes nos sistemas aquáticos, permitindo uma análise mais precisa do ambiente e da qualidade da água. Especificamente no caso da piscicultura, alguns compostos são muito importantes para a dinâmica dos tanques, como proteína, clorofila e matéria orgânica, no entanto, os trabalhos apresentados na literatura baseiam-se apenas em parâmetros limnológicos convencionais para a determinação da qualidade da água e caracterização do meio. No presente estudo foram realizadas análises da qualidade da água por parâmetros limnológicos convencionais, espectroscopia de fluorescência e de absorção no UV-VIS em quatro diferentes tanques lonados na cidade de Glória de Dourados, em MS, ao longo de um ciclo produtivo de tilápia. As coletas de amostras de água e sua caracterização foram realizadas mensalmente. Os parâmetros limnológicos analisados foram oxigênio dissolvido, pH, temperatura da água, condutividade elétrica, sólidos dissolvidos totais e transparência da água. A partir da análise de fluorescência, foi possível identificar e monitorar a presença de substâncias proteicas, clorofila e matéria orgânica dissolvida (MOD), bem como, o comportamento destes componentes ao longo do ciclo de produção. A emissão de fluorescência da proteína foi a região de maior intensidade observada nos espectros. Dentre as substâncias proteicas, o triptofano apresentou a maior contribuição quando comparado com as demais, tais como a tirosina e fenilalanina. Considerando a MOD, foi observada uma ampla região de emissão nos espectros de fluorescência para todos os tanques, sendo associada a substâncias autóctones, como confirmado pela técnica de absorção no UV-Vis. A clorofila, sendo um pigmento fotossintético constituinte do fitoplâncton, apresentou uma emissão numa região característica e bem definida a 685 nm. Finalmente, também identificamos uma emissão inesperada em dois tanques observada em abril/15 associada à fluorescência da ficoeritrina (PE), um pigmento auxiliar da clorofila, que é comumente observado em cianobactérias. Além disso, nossos resultados demonstraram que as técnicas de espectroscopia de fluorescência e de absorção na região do UV-Vis tem um grande potencial para a análise qualitativa da qualidade da água na piscicultura.

Palavras-chave: Absorção no UV-Vis, Espectroscopia de Fluorescência, Piscicultura, Qualidade da Água.

Abstract

Recently, studies involving the analysis of water quality in different aquatic systems have attracted the interest of many researchers. In this sense, spectroscopic techniques have been applied to evaluate compounds associated with organic matter and other substances in aquatic systems, allowing a more precise analysis of the environment and water quality. Specifically in the case of pisciculture, some compounds are very important to the dynamics of the system, such as protein, chlorophyll, and organic matter, however, the studies presented in the literature are only based on the conventional limnological parameters to determination of the water quality and characterization of the medium. In the present study, were performed the analysis of water quality in pisciculture by conventional limnological parameters, fluorescence spectroscopy and UV-Vis absorption in four different tanks coated canvas in the Glória de Dourados city, in MS State, over a tilapia production cycle. The collection of water samples and their characterization were carried out monthly. The limnological parameters analyzed were dissolved oxygen, pH, temperature of water, electrical conductivity, total solid solved and water transparency. From the fluorescence analysis, it was possible to identify and monitoring the presence of proteins-like, chlorophyll and Dissolved Organic Matter (DOM), as well as, the behavior of these components throughout the production cycle. The fluorescence emission of the protein-like is the higher intensity region observed in the spectra. Among the protein-like, tryptophan presented the largest contribution when compared to other protein substances such as tyrosine and phenylalanine. Considering the DOM, it was observed a broad emission region in the fluorescence spectra for all the tanks, and it was associated to autochthonous substances, as confirmed by UV-Vis absorption technique. The chlorophyll, being a photosynthetic pigment constituent of the phytoplankton, presented an emission in a well-defined and characteristic region at 685 nm. Finally, we have also identified an unexpected emission in two tanks observed on April/15. This emission may be associated to the fluorescence of the phycoerythrin (PE), an auxiliary pigment to chlorophyll, which is commonly observed in cyanobacteria. Furthermore, our results have demonstrated that fluorescence spectroscopy and UV-Vis absorption techniques have a great potential for qualitative analysis of water quality in pisciculture.

Key-words: UV-Vis Absorption, Fluorescence Spectroscopy, Pisciculture, Water Quality.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a piscicultura é vista como uma atividade promissora, principalmente pela preocupação mundial quanto ao consumo de alimentos mais saudáveis [1,2]. A tilápia do Nilo (*O. niloticus*) está entre as espécies que possuem características desejáveis à produção, por terem boa aceitação e elevado valor comercial, excelente conversão alimentar e custos de produção relativamente baixos [3]. O Brasil possui diversas espécies de peixes e híbridos com potencial para a piscicultura, merecendo destaque a produção de tambaqui, tambacu e pacu, que somados alcançaram 24,7% da produção nacional em 2010 [4].

A tilápia e a carpa, ambas as espécies introduzidas representam 63,4% da produção nacional [4]. A produção expressiva de tilápias em viveiros escavados também pode ser encontrada em Santa Catarina, São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Mato Grosso do Sul, Espírito Santo, Goiás e em todos os estados do Nordeste. Extensas áreas de terra favoráveis à construção de viveiros, o clima tropical e boa disponibilidade de insumos para rações, possibilitam a expansão da ‘*tilapicultura*’ no Brasil [5].

No Estado do Mato Grosso do Sul, a piscicultura teve crescimento e investimento a partir do final de 1990, principalmente como alternativa à geração de renda em propriedades rurais, onde ocupa uma área ‘não produtiva’ da propriedade, proporcionando uma renda extra para o produtor, além de servir como lazer, como é o caso dos pesque e pague [1]. Seu crescimento está associado às condições climáticas, topografia e disponibilidade de recursos hídricos que são determinantes para o desenvolvimento desta atividade [1]. A região de Glória de Dourados, situada no Sudoeste do Estado, conta com uma cooperativa de produtores que investiram na produção de tilápia em tanques escavados lonados.

Atualmente, o controle da qualidade de água em viveiros é feito periodicamente pela análise convencional de alguns parâmetros físicos e químicos como: temperatura, turbidez, transparência da água, pH, oxigênio dissolvido, amônia, nitrito, gás carbônico, fósforo total, clorofila *a* [4,6-8].

Considerando que sistemas de produção artificiais rasos sofrem influência externa (alóctone) e interna (autóctone), atuando nas diversas comunidades e nos fatores físicos e químicos existentes no ecossistema aquático [7], espera-se que nos tanques de piscicultura essas influências contribuam para a alteração das características físico-químicas dos constituintes da água. Assim se torna necessária a detecção dessas variações por meio das análises limnológicas *'in situ'* e por utilização das técnicas de espectroscopia de fluorescência e de absorção na região do ultravioleta-visível (UV-Vis) que garantem a identificação simultânea do máximo de parâmetros possíveis.

Trabalhos recentes demonstraram que a espectroscopia de fluorescência traz informações adicionais com resultados muito precisos e de grande interesse para o monitoramento e avaliação das características e origens da matéria orgânica [9,10], de sua composição, concentração, distribuição e dinâmica das várias fontes em diversos ambientes [11].

As vantagens das técnicas espectroscópicas incluem rapidez, sensibilidade e seletividade na caracterização da matéria orgânica, a não necessidade de um pré-tratamento do material de análise, os pequenos volumes das amostras e pesquisadores tem destacado o potencial dessas técnicas para uso no monitoramento *on-line* da água em estações de abastecimento de água [12,13]. Adicionalmente, a aplicação dessas técnicas pode trazer informações essenciais para o monitoramento da qualidade da água identificando alguns compostos orgânicos presentes, como por exemplo: proteína, a matéria orgânica dissolvida (MOD) e a clorofila. Vale ainda destacar que a utilização dessas técnicas na avaliação da qualidade de água em piscicultura não foi relatada na literatura, até o presente momento. Logo, a motivação deste trabalho baseia-se na aplicação de técnicas espectroscópicas de fluorescência e absorção na região do UV-Vis de forma complementar aos parâmetros limnológicos convencionais, como ferramentas úteis ao monitoramento da qualidade de água em tanques lonados para a melhoria da produção de tilápias do Nilo.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Geral

Avaliar a qualidade da água de pisciculturas em tanques lonados, através de técnicas espectroscópicas.

1.1.2 Específicos

- Avaliar o potencial das técnicas de espectroscopia de absorção na região do UV-Vis e de fluorescência como ferramentas complementares para a avaliação da qualidade de água em tanques lonados de piscicultura;
- Monitorar parâmetros físico-químicos da água de cultivo de tilápias.

CAPÍTULO II

REVISÃO DA LITERATURA

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Panorama Geral da Piscicultura

A produção pesqueira e aquícola mundial têm aumentado de forma constante nas últimas cinco décadas, atingindo níveis recordes em 2013 com um total de 160 milhões de toneladas [2]. Conforme uma estimativa preliminar da FAO, sigla do inglês, *Food and Agriculture Organization* (2014) o consumo mundial *per capita* anual de peixe aumentou em média de 9,9 kg em 1960 para 19,2 kg em 2012, tendo sido impulsionado pela combinação do crescimento populacional ao aumento de renda e pela crescente expansão da produção de peixes e canais de distribuição [2].

O cenário da piscicultura no Brasil também vem ganhando destaque em relação à maioria das atividades rurais mais tradicionais, como a pecuária e a agricultura, uma vez que a lucratividade apresenta-se positiva, proporcionando um retorno relativamente rápido do capital investido pelo produtor rural [1-4]. Segundo o Plano de Desenvolvimento da Aquicultura Brasileira, a meta de produção de pescado é atingir 2 milhões de toneladas via aquicultura até o ano de 2020 [14].

Segundo IBGE, a produção total da piscicultura brasileira em 2013 foi de 392,493 mil toneladas. A Região Centro-Oeste foi a principal produtora, com despesca de 105,010 mil toneladas de peixes, o equivalente a 26,8% do total de peixes produzidos, seguida das Regiões Sul (88,063 mil toneladas), Nordeste (76,393 mil toneladas), Norte (72,969 mil toneladas) e Sudeste (50,058 mil toneladas) [15]. No contexto da região Centro-Oeste, a piscicultura no Estado de Mato Grosso do Sul tem se mostrado como uma atividade promissora com importância econômica e social, contribuindo com a geração de renda para todas as pessoas envolvidas no processo, como os pequenos proprietários rurais, os pescadores, assentamentos e as comunidades indígenas [1].

Em 2013, o projeto de criação de peixes em tanques lonados de Gloria de Dourados/MS foi iniciado de forma integrada com a bovinocultura de leite, orientado pela Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural – AGRAER. Com as propriedades realizando o processo de produção de leite em sistemas intensivos foi necessária a construção de tanques lonados, devido o solo arenoso, no intuito de armazenar água para irrigação [16]. Logo, o aproveitamento da água reservada para a irrigação se tornou um bom negócio para o cultivo de tilápias do Nilo que apesar de não ser uma espécie nativa, possui um alto valor comercial, melhorando a renda do pequeno produtor.

2.2 Tipos de Tanques para Piscicultura

Os tipos de tanques comumente utilizados para o cultivo de peixes são os tanques-rede e os tanques escavados de terra. Os tanques-rede são estruturas flutuantes utilizadas na criação de peixes, em açudes, reservatórios ou cursos d'água, sendo praticado em sistemas intensivos de produção [17,18]. Diversos materiais podem ser utilizados para sua confecção como, por exemplo, tela de aço galvanizado revestida com PVC, aço inox entre outros, com malhas de diferentes tamanhos e estruturas de sustentação, permitindo a passagem do fluxo de água e dos dejetos dos peixes. Esses materiais devem ser leves e não cortantes para facilitar o manejo e não oferecer risco e apresentar resistência mecânica e à corrosão [17].

Já os tanques escavados são construídos nos solos por máquinas [4] e suas dimensões são estabelecidas de acordo com o plano e as fases de produção [4,18]. Eles podem ter formatos regulares ou irregulares, porém é recomendada a padronização dos tanques para facilitar o acesso. Geralmente os tanques irregulares são construídos quando há a necessidade de aproveitar a área [18]. Para o cultivo de peixes de alto valor comercial em tanques menores, com recirculação ou em sistemas de alto fluxo, em regiões que possuem solos arenosos, são utilizados filmes ou mantas de polietileno de alta densidade (PEAD), ou de cloreto de polivinil (PVC), que impedem a perda de água por infiltração [19].

A tilápia, peixe de alto valor comercial, atualmente é a principal espécie cultivada no Brasil, com 155.450 toneladas em 2010, por apresentar algumas características que as tornam como uma das principais espécies mais cultivadas [20]. Elas possuem uma facilidade de reprodução, têm a possibilidade de manipulação hormonal do sexo para obtenção de populações masculinas, possuem boa aceitação, pois a carne é branca, de textura firme e de sabor pouco acentuado, conseguem ter uma alta capacidade de aproveitar alimentos naturais em viveiros, têm bom crescimento em cultivo intensivo (500 a 600 g de 4 a 5 meses), suportam bem o manuseio intenso e os baixos níveis de oxigênio dissolvido na produção e, sobretudo, sua grande resistência às doenças [20,21].

A alimentação na fase inicial do cultivo da '*tilapicultura*' requer altos níveis de proteína bruta (PB) utilizados nas rações, por isso é a fração alimentar mais onerosa para sua produção [22].

Nas proteínas são encontrados cerca de vinte aminoácidos, mas somente dez são essenciais aos peixes, dentre eles a arginina, histidina, isoleucina, leucina, metionina, valina, fenilalanina, treonina, lisina e triptofano [Proença & Bittencourt, 1994 apud [23]][†]. Dentre alguns compostos de aminoácidos exigidos para a tilápia nilótica, estão a fenilalanina, triptofano e a tirosina com níveis mínimos de aminoácidos em rações nutricionalmente completas com proteína bruta entre 24 a 48% [24].

2.3 Qualidade da Água na Piscicultura.

As pisciculturas são mantidas por complexos fatores físicos e químicos e por interações biológicas, por isso está diretamente ligada à qualidade da água [25]. Um viveiro de piscicultura apresenta fatores bióticos (fitoplâncton, zooplâncton e bactérias) e fatores não vivos, ou abióticos (compostos químicos como nitrogênio, fósforo, carbonatos, bicarbonatos etc.). Para obter uma boa produção e garantir a saúde dos peixes, há alguns padrões de qualidade água, destinadas à criação desses organismos, que devem ser mantidos durante o período de cultivo [6]. Os parâmetros limnológicos como a temperatura, oxigênio dissolvido, alcalinidade, dureza, condutividade elétrica e pH, são alguns dos parâmetros utilizados como indicadores de qualidade da água e para identificar níveis de poluição [4,6-8].

Muitos dos mecanismos de interações entre os fatores bióticos e abióticos, que ocorrem em viveiros de piscicultura, principalmente em países de clima tropical, estão associados ao fotoperíodo (intensidade e a duração da luminosidade), onde os longos períodos iluminados intensificam a produtividade primária (fotossíntese) [26]. Dessa maneira, conforme Tundisi e Matsumara-Tundisi [27] em ambientes aquáticos, a vida depende essencialmente da quantidade e da qualidade da energia radiante, proveniente do Sol, a qual se distribui na coluna de água.

O oxigênio e dióxido de carbono, dissolvidos na água, são fundamentais por estarem inter-relacionados com os processos de produção da matéria orgânica pelos produtores primários e a respiração dos organismos ali existentes [27]. Em ambientes aquáticos naturais, a base da matéria orgânica dissolvida vem dos organismos terrestres (plantas e animais) e aquáticos (microrganismos, algas, fitoplâncton e bactérias) [28].

[†] Proença, C. E. M; Bittencourt, P. R. L. **Manual de Piscicultura Tropical**. Brasília: IBAMA, 196 p., 1994.

Na piscicultura, a matéria orgânica é um fator importante, que decorre tanto de fontes externas (fertilizantes químicos ou orgânicos, ração) quanto de fontes internas (excretas, restos de plantas e animais aquáticos) contribuindo para o enriquecimento da água do viveiro [29]. O enriquecimento do ecossistema aquático por fontes externas de matéria orgânica promove o crescimento excessivo de algas e plantas aquáticas, muitas vezes ocasionando mortandade de peixes em função da redução na concentração de oxigênio dissolvido na água, principalmente nos períodos vespertino e noturno [26]. Por isso, se torna necessário que a ração seja balanceada e proporcional ao consumo dos organismos, pois o excesso de ração disponível pode elevar as taxas de excretas dos peixes, levando um aumento de compostos nitrogenados e fosfatados, e conseqüentemente a uma proliferação de algas influenciando assim na dinâmica dos gases e nutrientes do meio [6].

As características da qualidade da água nas pisciculturas são susceptíveis às oscilações diurnas do diversos indicadores limnológicos como, por exemplo, o oxigênio dissolvido, interferindo na produção de plâncton, bem como na sua diversidade [26].

A concentração de oxigênio dissolvido na água tem grande importância biológica e participa de inúmeras reações químicas [27]. O fitoplâncton possui um papel muito importante na produção de oxigênio, mas ele depende da luz para realizar a fotossíntese e produzir oxigênio, como consequência disso as concentrações tendem a atingir seus valores máximos no período da tarde e mínimos durante a madrugada [6-8]. O monitoramento do consumo de oxigênio no meio é necessário pelo fato deste ser fundamental para a sobrevivência de todos os organismos aquáticos [4,6,8,21,30]. Uma das alternativas para melhorar a oxigenação da água é a utilização de aeração mecânica dos viveiros, pois possibilita a manutenção de concentrações mais adequadas de oxigênio ao longo de toda a coluna d'água, favorecendo o processo de decomposição da matéria orgânica, notadamente na zona de contato água/sedimento [24].

Outro fator importante para a manutenção da qualidade da água na criação de peixes é a temperatura da água, pois o aumento da temperatura da água ocasiona a diminuição da concentração de oxigênio [4,8]. Todas as atividades fisiológicas (respiração, digestão, excreção, alimentação, movimentos) estão fortemente relacionadas à temperatura da água [4,6].

A concentração do íon hidrogênio (H^+) presente na água é mais um fator importante para garantir a qualidade da água. O pH, logaritmo negativo da concentração H^+ , é definido em uma escala de 0 a 14 [30,31], ou mais simplificadamente como a medida utilizada para determinar o quanto o meio é ácido ou básico (alcalino), sendo o pH 7,0 considerado neutro [4].

Os principais fatores que podem causar elevação no pH são a respiração, a fotossíntese, a adubação, a calagem e fontes poluidoras [6]. No final da tarde são observados na água do viveiro, valores mais elevados de pH, que podem potencializar a ação tóxica da amônia presente [4].

Uma das formas de avaliar a presença de nutrientes em ambientes aquáticos é a condutividade elétrica, sendo um indicador da capacidade da água em conduzir eletricidade [6,30]. Pode-se utilizar o parâmetro da condutividade elétrica para obter uma noção da quantidade de sais na água (cálcio, magnésio sódio, carbonatos e cloretos), uma vez que está diretamente ligada à quantidade de sólidos dissolvidos totais, e quanto maior a concentração de íons maior será a condutividade [31].

Os sólidos totais dissolvidos (SDT) representam a soma de todos os constituintes químicos dissolvidos na água [32]. As águas naturais contêm uma quantidade de materiais sólidos em suspensão e elas reduzem a penetração de luz na água com a consequente redução de energia para a fotossíntese, diminuindo a produtividade dos organismos aquáticos que servem de alimento para os peixes [6].

Por fim, a transparência, medida através do disco de Secchi, é um método eficiente e de baixo custo, pelo qual se mede a penetração de luz na coluna da água, sendo mais um dos indicadores de qualidade [4,6,8]. A baixa transparência (aproximadamente menor que 0,2 m) pode indicar excesso de matéria orgânica, plâncton, matéria em suspensão decorrente de chuvas ou revolvimento do fundo, impedindo a penetração da luz e consequentemente, reduz a produção de oxigênio realizada pelas microalgas (fitoplâncton) [4].

Portanto, a manutenção da qualidade da água na piscicultura exige uma análise periódica de diversos parâmetros com o objetivo da identificação antecipada de possíveis problemas ou mesmo para que eles não aconteçam, visando à qualidade da água para produzir peixes saudáveis e sem prejuízos ao produtor.

2.4 Caracterização da Qualidade da Água por Espectroscopia de Fluorescência e Absorção no Ultravioleta e Visível (UV-Vis)

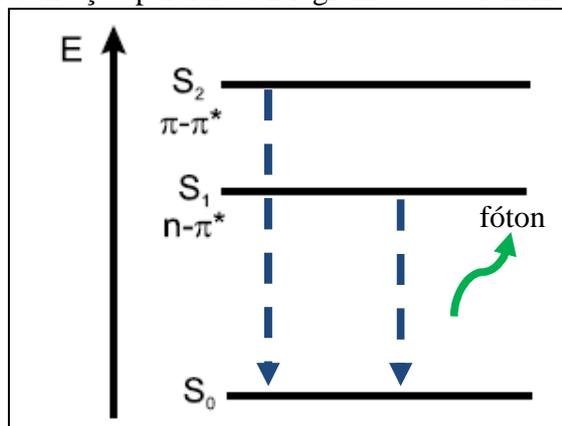
2.4.1 Espectroscopia de Fluorescência

Podemos definir a espectroscopia como sendo o estudo da interação de qualquer tipo de radiação eletromagnética com a matéria, em função do comprimento de onda ou frequência. O termo luz é geralmente utilizado para se referir à porção do espectro eletromagnético à qual o olho humano é sensível (ou seja, na região visível considerada – no intervalo de 390 a 740 nm – do espectro) [27].

Quando uma radiação incide sobre um material (ou meio), parte da sua energia pode ser absorvida e reemitida como luz com um comprimento de onda maior (Lei de Stokes), Este é o processo chamado de luminescência, no qual o comprimento de onda da luz emitida é característico da substância luminescente (fluoróforo) e não da radiação incidente [33]

A absorção de um quantum de luz promove a passagem de elétrons a níveis superiores de energia (S_1 , S_2 , S_n), e durante o retorno ao estado fundamental (S_0), uma parte da energia absorvida é reemitida (fóton), sendo esse fenômeno conhecido como fluorescência (Figura 1) [13,33,34]. A fluorescência é um dos processos de luminescência, definida essencialmente como uma emissão espontânea [34,35].

Figura 1 – Representação parcial do Diagrama de Jablonski adaptado de [33].



O Diagrama de Jablonski mostra que a energia da emissão é geralmente menor do que a absorção [13]. A luminescência caracteriza-se, então, pela emissão de luz (fóton) por uma determinada substância, na qual estados eletrônicos excitados são ocupados por elétrons, que quando retornam para o estado fundamental emitem luz num tempo característico da ordem de nano segundos (fluorescência) [11,12].

A espectroscopia de fluorescência pode fornecer informações sobre a origem e a composição de qualquer material bem como da matéria orgânica dissolvida (MOD) presente no sistema em sua concentração natural de abundância, deste modo eliminando a necessidade de isolamento de uma substância específica antes das análises [28]. No entanto, a identificação dos fluoróforos responsáveis pela fluorescência em águas naturais ainda é uma tarefa difícil [34]. Para obter dados da dinâmica dos fitoplânctons (abundância, taxonomia, produtividade e fisiologia) com melhor resolução espacial e temporal, a um custo reduzido, os métodos de monitoramento do fitoplâncton tradicionais podem ser complementados com abordagens ópticas. A detecção da fluorescência de fitoplâncton vivo é muito sensível e não altera tanto pelos outros componentes opticamente ativos [36].

Pelas medidas de fluorescência utilizando a Matriz de Excitação-Emissão (MEE) da água de produção de tilápias do Nilo em tanques lonados, três principais regiões fluorescentes podem ser observadas, segundo a literatura [9-12,28,37], conforme representado na Figura 2. A região 1, com excitação entre 230 e 290 nm e emissão entre 300 e 400 nm, indica a presença de proteínas. Conforme proposto por Birdwell et al., 2010 [28], essa região pode indicar substância proteica, incluindo picos de triptofano e picos de tirosina. Conforme Baker [38] a fluorescência do triptofano ocorre em dois pares de comprimentos de onda, sendo $\lambda_{ex}/\lambda_{em}$ 220/350 nm e $\lambda_{ex}/\lambda_{em}$ 280/350 nm, enquanto a tirosina é predominantemente observada no comprimento de onda $\lambda_{ex}/\lambda_{em}$ 220/305 nm.

Outro constituinte que pode estar presente na água, e apresenta fluorescência, é a matéria MOD, a qual emite entre 400 e 550 nm, quando excitada entre 230 e 400 nm (região 2) [11,12,39,40]. Os diversos estudos relacionam a espectroscopia de fluorescência para caracterizar a origem da matéria orgânica dissolvida na água e no solo [41], pois ela é amplamente distribuída, e constitui um dos grandes reservatórios de carbono orgânico e inorgânico do planeta [34]. A matéria orgânica é formada basicamente por compostos constituídos de carbono, hidrogênio e oxigênio. Ela é composta por uma complexa mistura de substâncias, especialmente por proteínas, lipídios, carboidratos e ligninas, que são os componentes básicos dos organismos vivos [9].

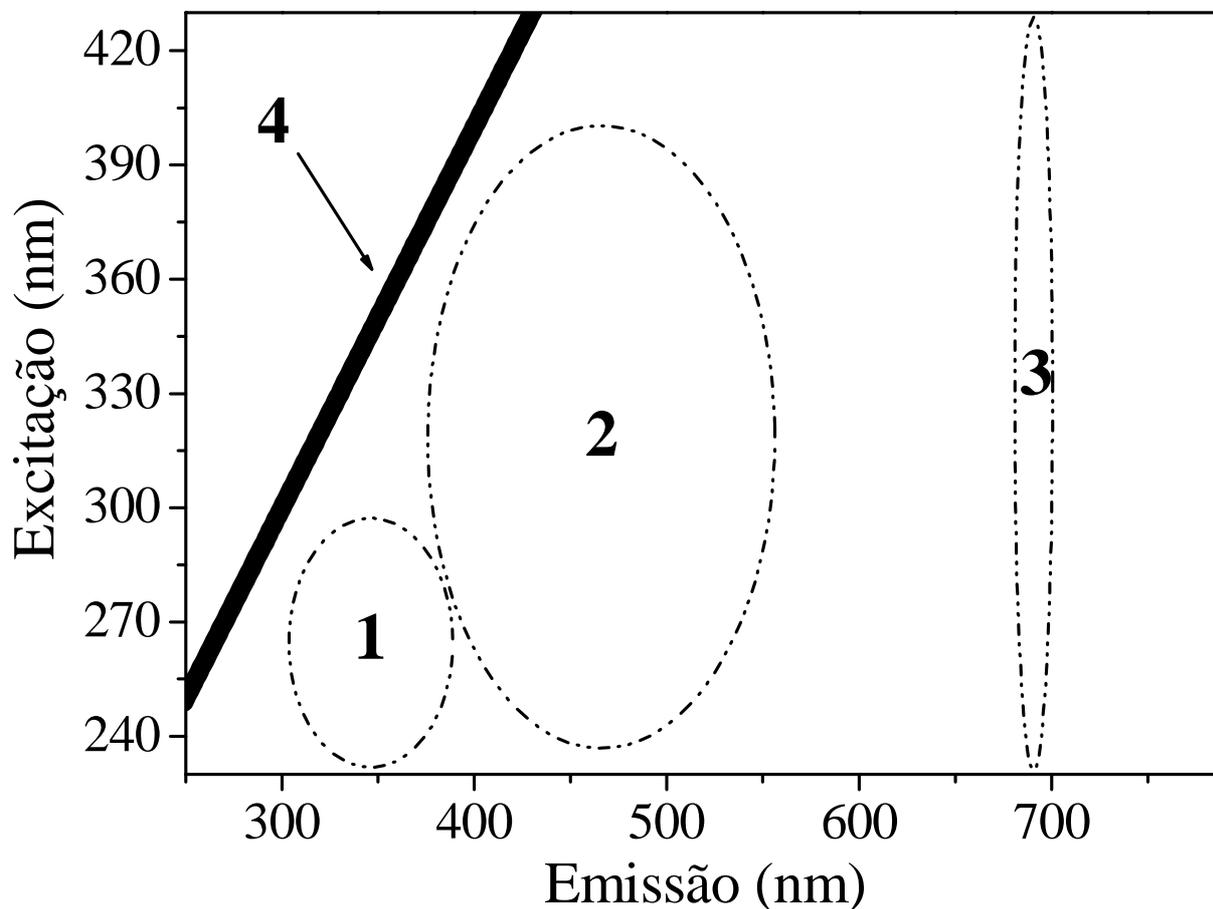
O fitoplâncton é de fundamental importância na manutenção da qualidade de água em níveis adequados para a criação dos organismos aquáticos, visto que a ele interfere diretamente na produção e dinâmica de gases no viveiro, por meio da fotossíntese e respiração [6,42]. A clorofila é um pigmento com alta intensidade de emissão fluorescente proveniente das microalgas (fitoplâncton) presentes na água e apresenta uma emissão em torno de 670-685 nm quando excitada entre 230 e 430 nm [43] (região 3).

O monitoramento por fluorescência dos pigmentos contidos em organismos fotossintetizantes têm se mostrado uma técnica particularmente interessante, pois a fluorescência é percebida externamente ao organismo e pode ser medida de forma não destrutiva, permitindo uma melhor estimativa da concentração dos pigmentos [37]. A coleta da luz pelos pigmentos acessórios, com exceção das ficobilinas, não têm fluorescência própria, mas transferem a energia para a Clorofila *a*, a qual possui a emissão máxima próximo de 682 nm [36].

As regiões de interesse desse estudo (1, 2 e 3) observadas na Figura 2 corroboram com diversos trabalhos [9-13,28,34-36,44-49], porém pesquisados em ambientes marinhos, em rios, lagos, em reservatórios, águas poluídas, águas de grutas, e, em um estudo mais recente, foi analisado em águas de sistemas de recirculação em aquicultura (RAS) [39], o qual caracteriza as frações da MOD nesses sistemas. Vale ressaltar, também que, comumente são realizados pré-tratamentos das amostras para a distinção dos componentes das regiões em questão, principalmente para a MOD e proteínas.

Por fim, vale a pena destacar que, a região 4 representa apenas o espalhamento de luz de primeira ordem, conhecido como espalhamento Rayleigh [34], observando no espectro de emissão no mesmo comprimento de onda que o comprimento de excitação [35], não havendo nenhuma relação com a fluorescência dos constituintes da água

Figura 2 - Regiões 1, 2 e 3 encontradas dos mapas 3D através da Matriz de Excitação-Emissão (MEE) para as amostras de água dos tanques lonados de piscicultura durante o cultivo de tilápias do Nilo. Fonte: Próprio Autor, com base em [28,40,41].



2.4.2 Espectroscopia Absorção na região do UV-Vis

A espectroscopia de absorção na região do ultravioleta e visível (UV-Vis) é baseada na medida de Transmitância (T) ou Absorbância (A) de soluções contidas em células transparentes com caminho óptico de comprimento específico (b), da ordem de cm [50]. Quando um feixe (monocromático) de radiação com intensidade I_0 incide sobre a cubeta contendo uma determinada solução, alguns fenômenos podem ocorrer, como reflexão, ou mesmo o espalhamento pelas paredes da cubeta (caso o meio não seja transparente e homogêneo). Porém, o efeito mais significativo ocorre quando parte da radiação é absorvida pelo meio que está sendo analisado.

Como consequência destas interações a intensidade do feixe transmitido, I_t , após a passagem pela cubeta será menor que a intensidade inicial, I_0 [51].

Medidas espectroscópicas que utilizam a radiação UV-Vis são úteis para determinar grupos cromóforos e identificar grupos funcionais em uma molécula [9,50]. Muitas moléculas orgânicas absorvem radiação UV-Vis, o que é normalmente devido à presença de um grupo funcional particular [47]. Os comprimentos de onda que são absorvidos pelas moléculas e a eficiência da absorção dependem tanto da sua estrutura como do meio onde ela está, e a espectroscopia é uma ferramenta útil para caracterizar macromoléculas [52]. O uso dos espectrômetros de absorção UV-Vis ampliou a capacidade dos pesquisadores para fazer medições em longo prazo de vários parâmetros de qualidade da água em muitos ambientes [44].

A absorbância de luz em águas naturais é um indicador semiquantitativo da concentração de matéria orgânica em um corpo d'água [9]. Geralmente, em análise de água a absorbância no comprimento de onda de 254 nm está relacionada com as estruturas aromáticas existentes [45,46]. Este comprimento de onda tem sido muito utilizado no monitoramento de concentrações de carbono orgânico dissolvido (COD) [53]. O COD origina-se principalmente da decomposição de plantas e animais e a partir de produtos de excreção destes organismos [30]. Em moléculas de matéria orgânica, a maioria dos cromóforos que absorvem luz na região UV ($\lambda < 400$ nm) são grupos aromáticos com vários graus e diferentes tipos de substituição estrutural, incluindo fenóis e diversos ácidos aromáticos e compostos associados à fração húmica (refratária) da matéria orgânica [9,53]. Cerca de 70-80% da matéria orgânica são formadas por substâncias húmicas, a qual é formada pela transformação de biomoléculas durante o processo de decomposição de resíduos vegetais e animais no ambiente [9].

CAPÍTULO III

MATERIAIS E MÉTODOS

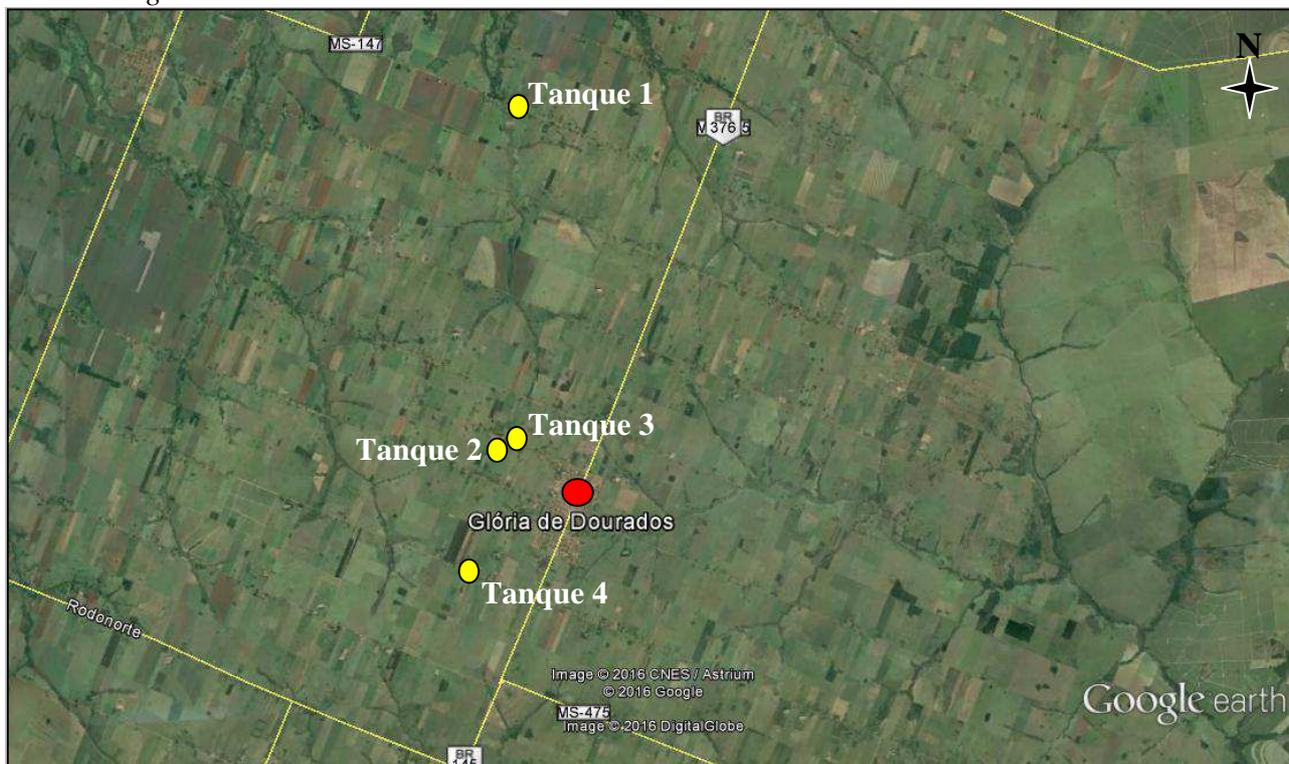
3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

O município de Glória de Dourados (MS) pertence a região da Grande Dourados, e está aproximadamente à 75 km do município de Dourados, possuindo uma área total de 493 Km² [54]. Está situada na microrregião de Iguatemi e na mesorregião do Sudoeste de Mato Grosso do Sul [55], inserida 100 % na bacia hidrográfica do rio Ivinhema.

O estudo contemplou quatro tanques experimentais de pisciculturas, localizados no município de Glória de Dourados/MS, nomeados de tanque 1 - propriedade do Sr. Givanildo Lopes da Silva, tanque 2 - propriedade do Sr. Francisco Rigatto, tanque 3 - propriedade do Sr. Antonio Rigatto (mesma propriedade do tanque 2) e tanque 4 - propriedade do Sr. Nilson Ferrari, com suas respectivas coordenadas geográficas: (22°18'58,7"S; 54°14'31,4"W); (22°24'06,1"S; 54° 14'15,1"W); (22°24'04,2"S; 54°14'12,7"W) e (22°25'53,3"S; 54°15'26,8W) (Figura 3).

Figura 3 - Localização dos tanques de piscicultura (tanques 1, 2, 3 e 4) em Glória de Dourados/MS. Fonte: *Google Earth*.



Na região de estudo, o clima dominante é o úmido a sub-úmido, com precipitação pluviométrica anual variando entre 1.500 a 1.750 mm [56]. Dados de precipitações foram coletados das anotações diárias dos próprios piscicultores através dos pluviômetros instalados em suas propriedades. Apenas o tanque 4 não possuía essas informações e, portanto, foram utilizados os dados registrados pela AGRAER de Glória de Dourados, localizada no centro da cidade, a cerca de 4,5 km desse tanque.

3.2 Caracterização dos Tanques

Os quatro tanques de cultivo desse estudo são do tipo escavados e revestidos por uma manta de PVC da marca Vinimanta Sansuy, de cor preta com 0,8 a 1,0 mm de espessura, sendo sua formulação inodora e atóxica, a qual não acarreta problemas para a qualidade da água e, conseqüentemente, para os organismos cultivados, conforme especificações do fornecedor.

A espécie cultivada é a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) (Figura 4). Nos quatro tanques foram inseridas pós-larvas de tilápia, com peso médio inicial de 12 gramas (g) no mês de novembro/2014.

Figura 4 - Tilápia do Nilo (*O. niloticus*). Fonte Próprio Autor.



A Tabela 1 apresenta algumas informações dos tanques lonados das pisciculturas desse estudo, as quais foram obtidas em campo e relatos dos próprios piscicultores.

Tabela 1 – Informações gerais dos tanques de piscicultura (tanques 1, 2, 3 e 4) fornecidas pelos piscicultores e medidas em campo - Glória de Dourados/MS.

Locais de coleta	Área (m²)	Profundidade (m)	Volume (m³)	Quantidade (nº peixes)	Densidade (peixes/m²)	Aeração
Tanque 1	450,00	2,05	922,50	3.000	6,6	Não
Tanque 2	540,00	1,65	891,00	4.000	7,4	Sim
Tanque 3	480,00	1,60	768,00	1.500	3,0	Não
Tanque 4	540,00	1,80	972,00	4.000	7,4	Sim

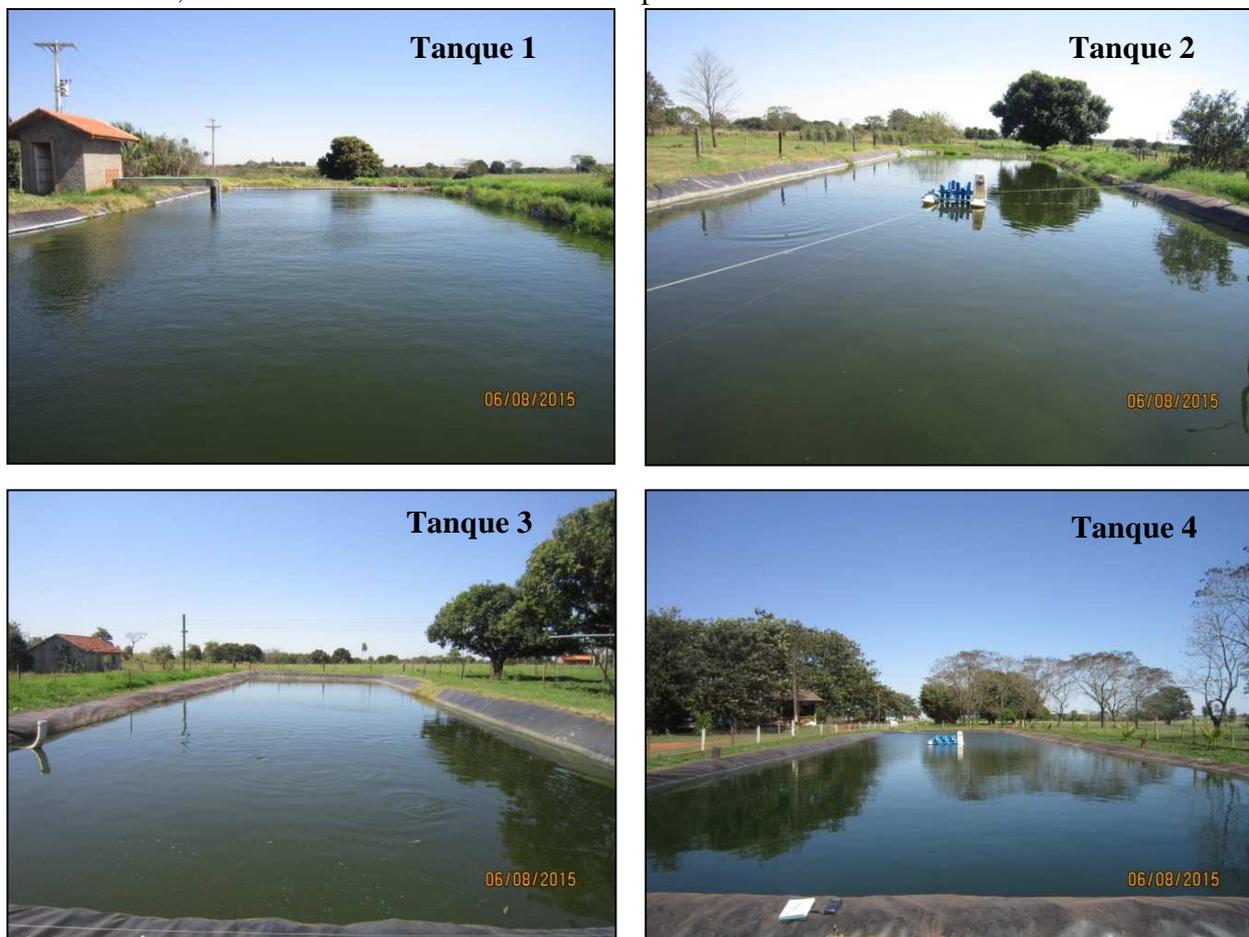
O arraçoamento foi diário utilizando-se ração extrusada constituída inicialmente de 40% de proteína bruta (PB) (Ração 1) com tamanho de 2 mm (novembro/14 a janeiro/15) e, posteriormente, a ração passou para 32% PB (Ração 2) com tamanho de 5-6 mm até o final do cultivo (fevereiro/15 a junho/15). A Tabela 2 apresenta algumas informações da composição da ração para peixes onívoros com peso de 100 a 300g em crescimento, com 32% da proteína bruta (PB).

Tabela 2 – Composição da ração fornecida para os peixes.

Níveis de garantia do produto		
Composição	Ração 1	Ração 2
Cálcio (máx)	35,00 g/kg	40,00 g/kg
Extrato Etéreo (min.)	110,00 g/kg	65,00 g/kg
Fósforo (Min.)	20,00 g/kg	20,00 g/kg
Matéria Fibrosa (máx.)	25,00 g/kg	40,00 g/kg
Matéria Mineral (máx.)	140,00 g/kg	140,00 g/kg
Proteína Bruta (mín.)	400,00 g/kg	320,00 g/kg
Umidade (máx.)	120,00 g/kg	120,00 g/kg

Todos os tanques são abastecidos por água subterrânea através de poços tubulares profundos com profundidade entre 40 a 80 m aproximadamente. Outro aspecto é que o tanque 3 se comportou como sistema semi- intensivo e não possuía aerador. Já os tanques 2 e 4 utilizaram o sistema de aeração, com aeradores são do tipo pás, geralmente a incorporação média de oxigênio é de aproximadamente 2,13 Kg O₂/kW.hora [30], porém não houve uma padronização adotada para o funcionamento desses aeradores. Já para o tanque 1 a renovação da água é mais frequente (praticamente todos os dias), e nos outros tanques a renovação é realizada a cada 15-20 dias. Em nenhum desses tanques praticava a fertilização orgânica ou química (Figura 5).

Figura 5 - Imagens dos tanques escavados lonados para o cultivo de tilápia do Nilo, tanques 2 e 4 com aeradores, Glória de Dourados/MS. Fonte: Próprio autor.



3.2.1 Procedimentos de Amostragem de Água

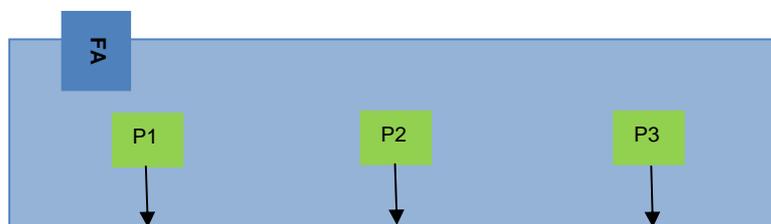
As coletas de água nos tanques das pisciculturas foram realizadas mensalmente, conforme cronograma proposto pelo Projeto CEPEXP-CNPq – Glória de Dourados, iniciando-se as coletas em novembro/2014 à junho/2015, totalizando 07 coletas, exceto no mês de maio/15.

A logística das coletas foi determinada conforme a localização dos tanques, respeitando sempre a seguinte sequência: tanque 1, primeiro a ser coletado nos horários entre 08h00 e 10h00, posteriormente os tanques 2 e 3 coletados entre 10h30 até as 14h00 e por último o tanque 4 coletado entre 14h30 e 16h30.

A estratégia de monitoramento contemplou determinações dos parâmetros limnológicos ‘*in situ*’ através da sonda multiparâmetros, marca Hanna - HI9828/4, coletando as amostras de água com auxílio de um balde coletor de polipropileno graduado com volume de 18 Litros.

O balde foi lançado até o meio do tanque em três pontos distintos (P1, P2 e P3) (Figura 6). Quando o balde, preenchido com água, atingisse uma profundidade de aproximadamente 30 cm era trazido até a margem do tanque para realizar as medidas limnológicas (O.D, pH, temperatura da água, condutividade elétrica, sólidos dissolvidos totais).

Figura 6 - *Lay-out* dos pontos de coletas nos tanques de pisciculturas, Glória de Dourados/MS. Onde FA: Fonte de Abastecimento, P1 - Ponto próximo a FA, P2 - Ponto no meio do tanque e P3 - Ponto oposto a FA.



Foram também realizadas mensalmente análises da água dos poços que abastecem cada um dos tanques de pisciculturas deste estudo, para verificar qualquer alteração das variáveis físico-químicas e espectroscópicas em relação à água dos tanques.

As coletas de água para as análises espectroscópicas foram realizadas com o mesmo balde coletor, sendo a amostra coletada sempre no ponto do meio (P2) de cada tanque. Antes de acondicionar as amostras de água nos frascos de vidro âmbar de 1 litro, os vidros foram lavados com a própria amostra, e posteriormente acondicionadas e devidamente conservadas em uma caixa de isopor, com temperatura a 10 °C [57].

As amostras foram armazenadas em geladeira (10 °C) do laboratório de Óptica Aplicada (GOA-UFGD), para posteriores análises espectroscópicas dentro de um período máximo de 24 horas. Os dados espectroscópicos apresentados referem-se somente à água bruta dos tanques, apesar de que no mês de janeiro/15, as amostras passaram por filtragem (papel filtro com porosidade de 22 µm), apenas para comparação entre as amostras brutas e filtradas.

3.3 Variáveis Limnológicas, Espectroscopia de Fluorescência e Absorção UV-Vis.

3.3.1 Variáveis Limnológicas

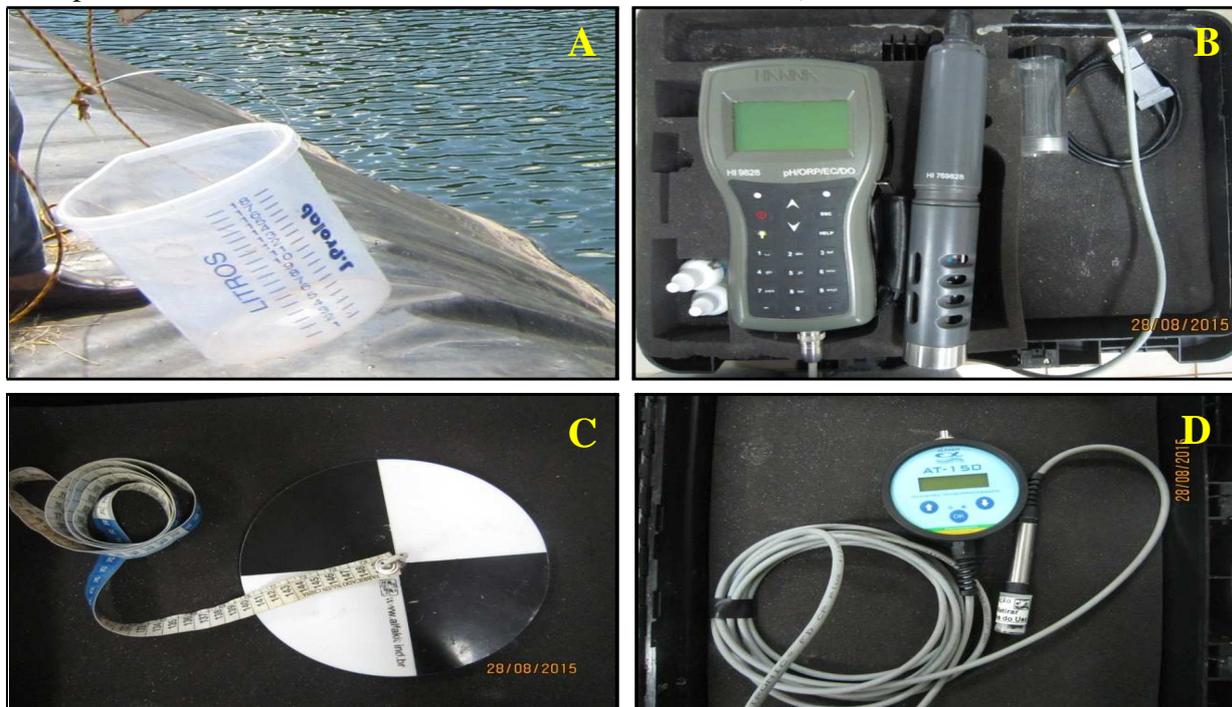
Com auxílio da sonda multiparâmetros e fichas de campo, foram anotados horários, dias, mês, as condições do tempo e as respectivas variáveis limnológicas no momento da coleta. A Tabela 3 apresenta as variáveis limnológicas e seus equipamentos utilizados (Figura 7) na coleta dos dados 'in situ' para os tanques lonados de piscicultura.

Tabela 3 - Variáveis limnológicas e respectivos equipamentos utilizados nas coletas 'in situ' para a água dos tanques lonados de piscicultura – Glória de Dourados/MS.

Variáveis Limnológicas	Equipamentos/ Método
Oxigênio dissolvido (mg/L O ₂)	Oxímetro - Alfa-Kit.
pH	Sonda Multiparâmetros Hanna-HI9828/4
Temperatura da água (°C)	Sonda Multiparâmetros Hanna-HI9828/4
Condutividade elétrica (µS.cm ⁻¹)	Sonda Multiparâmetros Hanna-HI9828/4
Sólidos Dissolvidos Totais (mg.L ⁻¹)	Sonda Multiparâmetros Hanna-HI9828/4
Transparência da água (m)	Disco de Secchi

A sonda multiparâmetros da marca Hanna - HI9828/4 foi cedida pelo Núcleo de Pesquisa em Aquicultura do Mato Grosso do Sul (NUPAQ-UFGD). O Alfa-Kit foi cedido pela Superintendência Federal da Pesca e Aquicultura do Estado do Mato Grosso do Sul (Figura 7).

Figura 7 - Equipamentos utilizados em campo para coleta e análises limnológicas *'in situ'* da água dos tanques lonados de piscicultura em Glória de Dourados/MS. A- Balde coletor; B – Sonda Multiparâmetros; C – Disco de Secchi e D – Oxímetro Alfa-Kit).



Foi utilizado o programa Microsoft Office Excel 2007, para o tratamento dos dados e obtiveram-se as médias dos pontos amostrados de cada variável limnológica com seus respectivos desvios-padrão.

3.3.2 Análises Espectroscópicas: Fluorescência e Absorção UV-Vis

Todas as medidas das amostras de água para as análises espectroscópicas, tanto de fluorescência como de absorção no UV-Vis, foram realizadas em temperatura ambiente, aproximadamente 22 °C, não ultrapassando o período de 24 horas após a coleta em campo. O software OriginPro 8.5 foi utilizado para confecção de todos os gráficos apresentados neste trabalho.

Foi utilizado o espectrofotômetro Cary Eclipse (Varian) (Figura 8 A) para obtenção dos espectros de fluorescência. O espectrofluorímetro é composto por uma fonte de excitação uma lâmpada pulsada de xenônio (80 Hz), e potência de pico equivalente a 75 kW, dois monocromadores, um para a seleção do comprimento de onda de excitação e outro para a seleção do comprimento de onda emitido pela amostra.

A detecção da radiação emitida é realizada por um tubo fotomultiplicador (R928). Para a realização de todas as medidas por varredura pela Matriz de Excitação-Emissão (MEE) utilizou-se uma cubeta de quartzo com 1 cm de caminho óptico. A excitação foi realizada entre os comprimentos de onda de excitação λ_{ex} : 230 a 430 nm e de emissão coletada no intervalo entre λ_{em} : 250 a 790 nm, onde foi elaborado o mapa 3D. A abertura da fenda de excitação e emissão para a passagem de radiação eletromagnética foi ajustada em 5/5 nm respectivamente, e a voltagem do detector manteve fixa em 800 V e os filtros de excitação/emissão foram no automático/automático. Utilizou-se a água ultra-pura (Mili Q) como branco.

Para a análise espectroscópica de absorção no UV-Vis foi utilizado o espectrofotômetro Cary 50 (Varian) (Figura 8 B). A análise compreendeu a região espectral entre 200 a 800 nm com 1 nm de intervalo. As amostras de água bruta foram medidas utilizando uma cubeta de quartzo com 1 cm de caminho óptico. As curvas de absorbância obtidas para todos os tanques, durante todo o período do estudo, mantiveram suas intensidades dentro do limite de detecção do equipamento não necessitando de diluição. Foram realizadas três leituras para uma mesma amostra em cada um dos tanques, tanto da amostra bruta quanto da filtrada, obtendo-se assim a média. Utilizou-se a água ultra-pura (Mili Q) como controle (branco).

Figura 8 – A) Espectrofotômetro Cary Eclipse e B) Espectrofotômetro Cary 50.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS E DISCUSSÃO

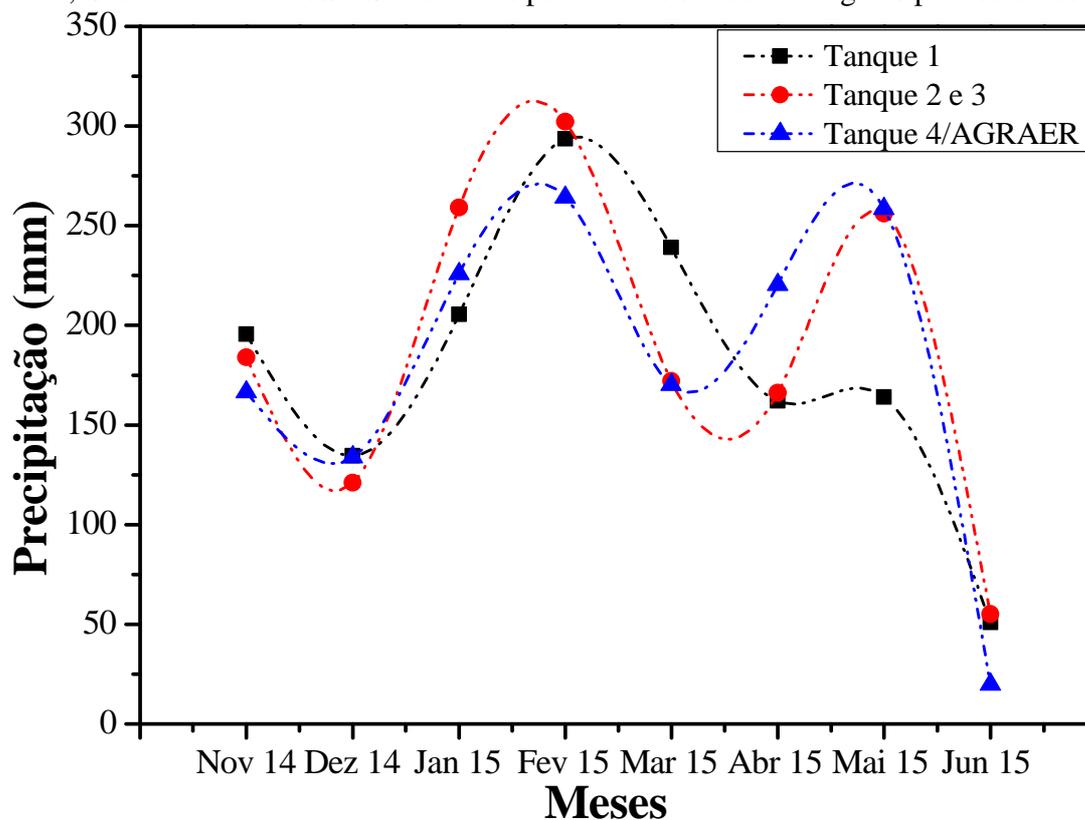
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Precipitação

A precipitação pluviométrica é um fator importante a ser considerado nesse estudo, uma vez que tem impacto direto sobre a qualidade da água, podendo ser a responsável por mudanças nas variáveis limnológicas. Como um exemplo, a chuva pode permitir o transporte de materiais para dentro do reservatório, modificando a condutividade elétrica da água em função da concentração de sólidos suspensos totais [58].

O comportamento da precipitação ao longo do período produtivo de tilápias foi obtido por utilização de pluviômetros instalados nas propriedades, com exceção para o tanque 4 em que os dados obtidos foram pelo pluviômetro instalado na propriedade da AGRAER. O resultado obtido está apresentado na Figura 9.

Figura 9 - Comportamento da Precipitação (mm) durante o período produtivo nos tanques de piscicultura, Glória de Dourados/MS. As linhas pontilhadas são somente guias para os olhos.



Observa-se um pico máximo de precipitação no mês de fevereiro/15 para todos os tanques, com valores entre 250 e 300 mm. Um segundo máximo de precipitação é observado no mês de maio/15, atingindo cerca de 250 mm para os tanques 2, 3 e 4, com um valor menor de cerca de 160 mm para o tanque 1. O menor valor de precipitação durante o período de cultivo foi observado no mês de junho/15, não excedendo 50 mm para todos os tanques. A influência da precipitação ao longo desse estudo contribuiu de 15 a 20% para o volume total de água em cada tanque.

4.2 Variáveis Limnológicas

A análise da qualidade da água nos tanques de piscicultura foi feita pelo monitoramento periódico de alguns parâmetros físico-químicos, variáveis limnológicas, como: oxigênio dissolvido, pH, temperatura, condutividade elétrica, sólidos dissolvidos totais e transparência da água. Foram feitas análises mensais em cada tanque e os resultados obtidos estão apresentados nas Tabelas 4, 5, 6 e 7, referentes aos tanques 1, 2, 3 e 4, respectivamente.

Tabela 4 - Resultados das variáveis limnológicas e horários de coleta para o tanque 1.

TANQUE 1							
Parâmetros \ Meses	nov/14	dez/14	jan/15	fev/15	mar/15	abr/15	jun/15
Horários da amostragem	08:40	08:33	08:38	09:38	09:33	09:34	10:00
Oxigênio dissolvido (mg/L O ₂)	11,0 ± 0,1	10 ± 1	4,6 ± 0,6	2,2 ± 0,3	7,9 ± 0,3	4,1 ± 0,3	8 ± 1
pH	8,13 ± 0,03	8,5 ± 0,3	7,3 ± 0,2	7,2 ± 0,2	7,5 ± 0,6	7,06 ± 0,01	7,6 ± 0,2
Temperatura da água (°C)	27,3 ± 0,1	27 ± 1	28 ± 1	29 ± 1	28,8 ± 0,1	25,5 ± 0,1	26 ± 3
Condutividade elétrica (µS.cm ⁻¹)	126 ± 0	124 ± 0	127 ± 0	137 ± 0	119,3 ± 0,6	121 ± 0	102,3 ± 0,6
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	63 ± 0	62 ± 0	64 ± 0	69 ± 0	59,7 ± 0,6	60,3 ± 0,6	51 ± 0
Transparência da água (m)	0,4 ± 0	0,3 ± 0	0,24 ± 0,01	0,3 ± 0	0,11 ± 0	0,25 ± 0,02	0,23 ± 0,02

Tabela 5 - Resultados das variáveis limnológicas e horários de coleta para o tanque 2.

TANQUE 2							
Parâmetros \ Meses	nov/14	dez/14	jan/15	fev/15	mar/15	abr/15	jun/15
Horário da amostragem	13:35	10:29	12:05	12:30	12:25	12:47	13:50
Oxigênio dissolvido (mg/L O ₂)	6,7 ± 0,7	5,8 ± 0,5	7,8 ± 0,6	11,5 ± 0,9	9 ± 1	8,9 ± 0,4	9,6 ± 0,6
pH	6,9 ± 0,4	7,1 ± 0,3	7,2 ± 0,3	9,1 ± 0,4	7,6 ± 0,2	8,2 ± 0,4	8,5 ± 0,1
Temperatura da água (°C)	28,97 ± 0,06	29,9 ± 0,3	30,1 ± 0,3	32,4 ± 0,3	28,6 ± 0,2	26,7 ± 0,3	24,61 ± 0,02
Condutividade elétrica (µS.cm ⁻¹)	7 ± 0	20 ± 0	40 ± 1	64 ± 1	74 ± 1	143 ± 2	122 ± 4
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	3 ± 0	10 ± 0	20 ± 0	32 ± 1	37,7 ± 0,6	72 ± 1	61 ± 2
Transparência da água (m)	1,5 ± 0	0,7 ± 0,1	0,22 ± 0,02	0,2 ± 0	0,25 ± 0,01	0,19 ± 0,03	0,21 ± 0,02

Tabela 6 - Resultados das variáveis limnológicas e horários de coleta para o tanque 3.

TANQUE 3							
Parâmetros \ Meses	nov/14	dez/14	jan/15	fev/15	mar/15	abr/15	jun/15
Horários da amostragem	12:35	11:13	13:35	13:20	13:53	14:10	15:20
Oxigênio dissolvido (mg/L O ₂)	6,9 ± 0,6	9 ± 1	10 ± 1	16 ± 1	9,7 ± 0,4	10 ± 1	11 ± 1
pH	6,4 ± 0,1	9 ± 0	9,5 ± 0,3	10 ± 0	9,9 ± 0,3	10 ± 0	8,3 ± 0,5
Temperatura da água (°C)	29,8 ± 0,1	30,4 ± 0,3	31,1 ± 0,3	33,6 ± 0,3	30,1 ± 0,4	27,8 ± 0,1	25,4 ± 0,1
Condutividade elétrica (µS.cm ⁻¹)	6 ± 0	13 ± 1	52 ± 4	74 ± 6	72 ± 11	87 ± 12	90,3 ± 0,6
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	3 ± 0	6 ± 0	26 ± 2	37 ± 2	34 ± 3	43 ± 6	44,7 ± 0,6
Transparência da água (m)	1,6 ± 0	1,6 ± 0,2	0,2 ± 0	0,17 ± 0,02	0,19 ± 0,02	0,17 ± 0,02	0,23 ± 0,04

Tabela 7 - Resultados das variáveis limnológicas e horários de coleta para o tanque 4.

TANQUE 4							
Parâmetros \ Meses	nov/14	dez/14	jan/15	fev/15	mar/15	abr/15	jun/15
Horários da amostragem	15:00	13:42	15:10	15:12	15:45	15:40	16:30
Oxigênio dissolvido (mg/L O ₂)	7,9 ± 0,4	8 ± 1	7 ± 1	14 ± 1	7,9 ± 0,3	10 ± 1	6 ± 1
pH	6,33 ± 0,06	8 ± 1	7,1 ± 0,9	9 ± 1	7,5 ± 0,6	8,1 ± 0,1	7,8 ± 0,3
Temperatura da água (°C)	29,3 ± 0,1	31,5 ± 0,9	28 ± 1	32 ± 1	28,77 ± 0,06	26,76 ± 0,03	23,8 ± 0,4
Condutividade elétrica (µS.cm ⁻¹)	8 ± 0	22 ± 1	122 ± 6	137 ± 7	119,3 ± 0,6	122 ± 8	91 ± 13
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	4 ± 0	10 ± 1	61 ± 3	68 ± 3	59,7 ± 0,6	62 ± 4	46 ± 6
Transparência da água (m)	1,25 ± 0	0,31 ± 0	0,24 ± 0	0,19 ± 0	0,11 ± 0	0,12 ± 0,02	0,12 ± 0,01

Sant'Ana de Faria *et al* [4] indicam valores aceitáveis para o oxigênio dissolvido (OD), e consideram que acima de 5 mg/L O₂ é o ideal para a criação dos peixes tropicais; para valores entre 1 e 5 mg/L O₂ os peixes sobrevivem, porém, pode ocorrer uma diminuição na taxa de seu crescimento se essa condição ocorrer por tempo prolongado; já valores abaixo de 1 mg/L O₂ são considerados letais se a exposição dos peixes a essa condição for prolongada [30]. As tilápias, de um modo geral, conseguem tolerar baixos níveis de oxigênio na água, no entanto, vale ressaltar que pode impactar no seu crescimento, na conversão alimentar e em sua sobrevivência, caso esses peixes sejam submetidos frequentemente a baixas concentrações de oxigênio [5]. Os dados obtidos neste trabalho, referentes aos valores de OD, são considerados satisfatórios com exceção para o tanque 1, sendo o único que apresentou valores inferiores a 5 mg/L O₂ para os meses de janeiro/15, fevereiro/15 e abril/15.

Os demais tanques mantiveram valores de OD acima de 5 mg/L ao longo de todo o período de cultivo. Algumas condições favorecem a queda da concentração de oxigênio, uma delas é a morte rápida de grandes quantidades de fitoplâncton, que na sua decomposição consomem parte de OD, outra condição é dada por elevadas chuvas e ventos fortes que suspendem a matéria orgânica depositada no fundo e na coluna d'água, conseqüentemente o oxigênio é consumido pelo processo de oxidação da matéria orgânica [5,8].

Em se tratando de pH em um intervalo de 6,0 a 9,0 é considerado ótimo para o cultivo de peixes [4,6-8,30,59]. O pH da água no cultivo de tilápias deve ser mantido entre 6 a 8,5. Abaixo de 4,5 e acima de 10,5 a mortalidade pode ser significativa [21]. Considerando os resultados obtidos para pH com seus respectivos desvio-padrão, observa-se que os tanques 1, 2 e 4 apresentaram valores considerados bons, durante o período de cultivo. A exceção agora é para o tanque 3 que excedeu o limite de 9,0 para os meses de janeiro/15 a abril/15. Maiores valores de pH podem representar um aumento da toxicidade de acordo com a concentração de amônia (NH₃) presente na água, proveniente da decomposição de matéria orgânica, ração, excrementos, entre outros [60]. Rebelo Neto [59] relaciona também a alteração do pH com toxidez ácida e básica, influenciando na produtividade do viveiro, onde valores de pH abaixo de 6 e valores maiores que 8 são considerados ambientes com baixa produtividade podendo ser tóxico para os organismos aquáticos, com riscos de intoxicação.

Conforme Sant'Ana de Faria *et al* [4] e Boyd [30] os valores de temperatura de 25 a 32 °C são considerados ótimos para o crescimento da maioria dos peixes tropicais, e entre 33 e 35 °C há redução do consumo de ração. No cultivo de tilápias a zona de conforto térmico está entre 28 a 32 °C [61]. A temperatura da água dos viveiros se manteve dentro do intervalo recomendado como ideal. Pequenas variações foram observadas, sendo 24,61 ± 0,02 °C o mínimo para o tanque 2 em junho/15 e 33,6 ± 0,3 °C o máximo para o tanque 3 no mês de fevereiro/15, no entanto, esses valores ainda estão muito próximos dos extremos considerados como ótimos para a temperatura.

A condutividade elétrica pode trazer respostas dos nutrientes em ambientes aquáticos [27,30]. Conforme Sipaúba-Tavares [7] valores altos de condutividade elétrica indicam grau de decomposição elevado, já valores reduzidos assinalam acentuada produção primária, sendo, portanto, uma maneira de avaliar a disponibilidade de nutrientes nos ecossistemas aquáticos. Em viveiros de piscicultura valores próximos a 70 µS.cm⁻¹ são ideais para a manutenção e produção dos tanques [6].

O tanque 1 apresentou valores elevados desde o início do cultivo, em média $122 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, mas a água proveniente do poço possui uma condutividade média elevada de $126 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Já para o tanque 4 ocorreu um aumento na condutividade elétrica da água a partir do mês de janeiro/15, mantendo valores elevados ($> 70 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) até o final do cultivo. Salientando que a condutividade elétrica média para a água de abastecimento do tanque 4 foi de $8,1 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Os produtores relataram problemas com mortandade para os tanques 1 e 4 no período de janeiro/15, podendo estar relacionados aos baixos valores de OD, principalmente no caso do tanque 1.

Além disso, esses tanques apresentaram valores elevados para sólidos dissolvidos totais (SDTs) no mês de fevereiro/15, o que também pode ter influência da precipitação, uma vez que este mês coincide com o primeiro máximo da precipitação e a grande quantidade de peixe por m^2 (tanque 1: $6,6 \text{ px}/\text{m}^2$ e tanque 4: $7,4 \text{ px}/\text{m}^2$)

Os valores de sólidos dissolvidos totais (SDTs) aumentaram gradativamente ao longo do tempo em todos os tanques, apresentando no último mês um pequeno decréscimo para os tanques 1, 2 e 4. Observa-se que a variação dos SDTs acompanha a oscilação da condutividade elétrica ao longo do cultivo para todos os tanques, no entanto, os tanques 2 e 3 apresentam valores menores para SDTs e condutividade elétrica da água durante todo o período de cultivo.

Foi observado que ao longo do cultivo houve uma diminuição da transparência da água em todos os tanques. Tal fato pode estar relacionado tanto com o aumento da concentração de microalgas e de sua decomposição [30], bem como com as excretas dos peixes. Conforme Mercante *et al* [6] o valor adequado para manter uma boa qualidade da água nos viveiros de piscicultura é aproximadamente 0,40 m. No entanto, Kubitza [5] considera que o ideal para tilápia é uma transparência em torno de 0,20 a 0,30 m. Portanto, de maneira geral, apenas em alguns meses os valores para transparência apresentaram-se abaixo do ideal.

4.3 Espectroscopia de Fluorescência

Para trazer informações antes não exploradas em relação ao monitoramento convencional da qualidade da água em piscicultura, utilizou-se a técnica de fluorescência pelas MEEs, mapas 3D, que apresentam o perfil dos componentes existentes na água ao longo de um ciclo produtivo de tilápias do Nilo em tanques escavados lonados. As Figuras 10, 11, 12 e 13 apresentam os mapas 3D obtidos para as águas de todos os tanques lonados.

Figura 10 - Mapas 3D para o tanque 1 ao longo do cultivo produtivo de tilápia do Nilo.

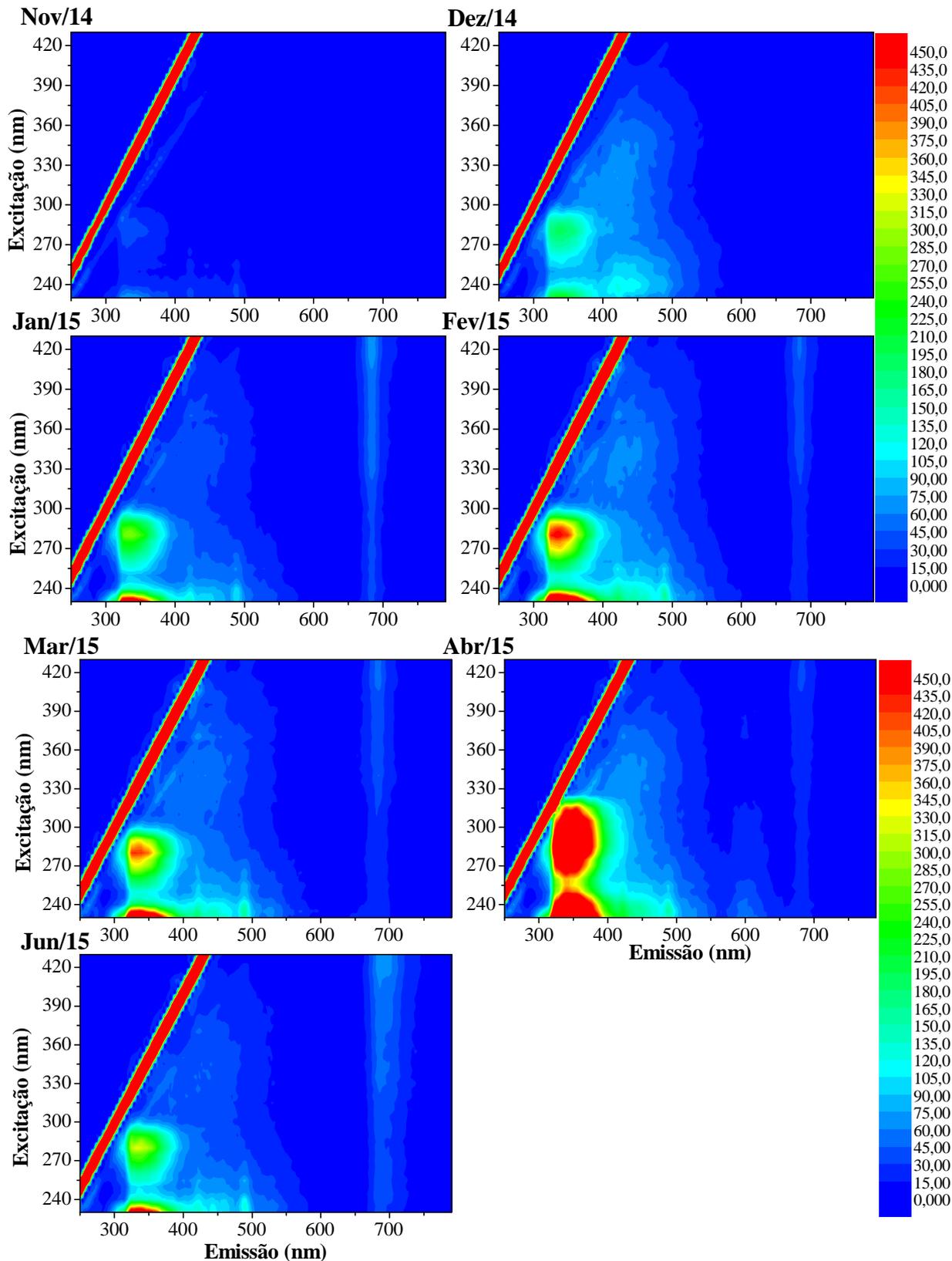


Figura 11 - Mapas 3D para o tanque 2 ao longo do cultivo produtivo de tilápia do Nilo.

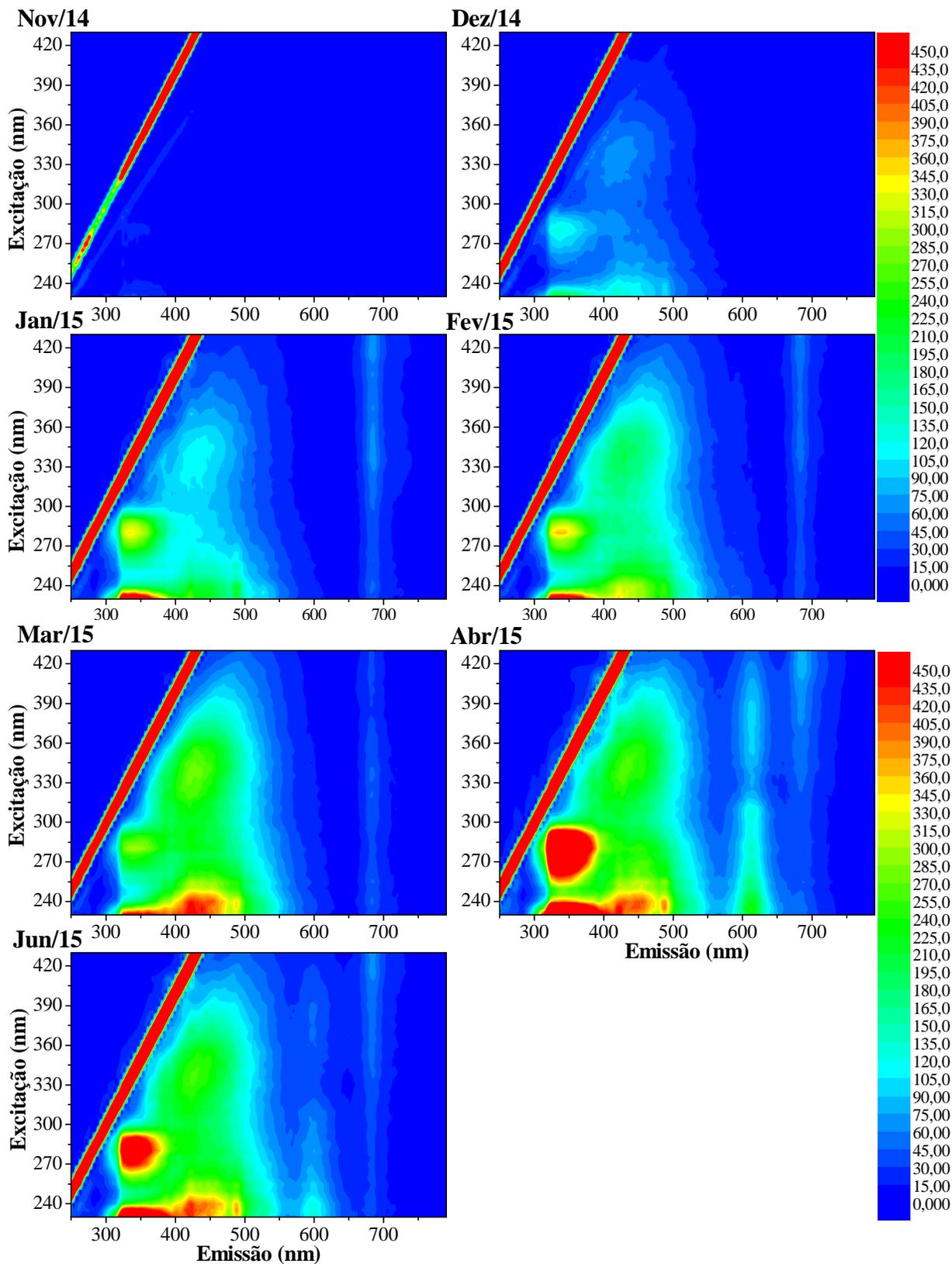


Figura 12 - Mapas 3D para o tanque 3 ao longo do cultivo produtivo de tilápia do Nilo.

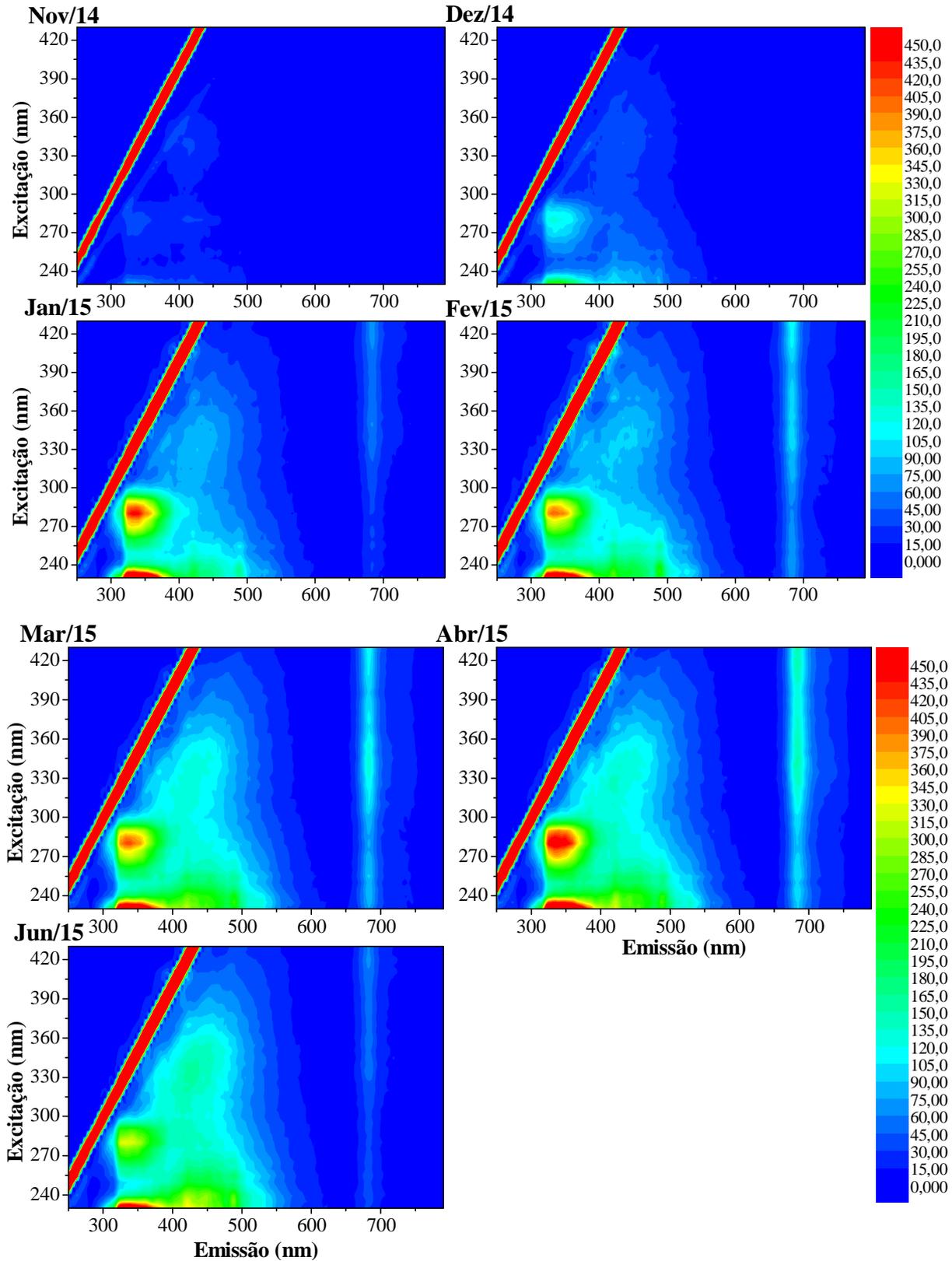
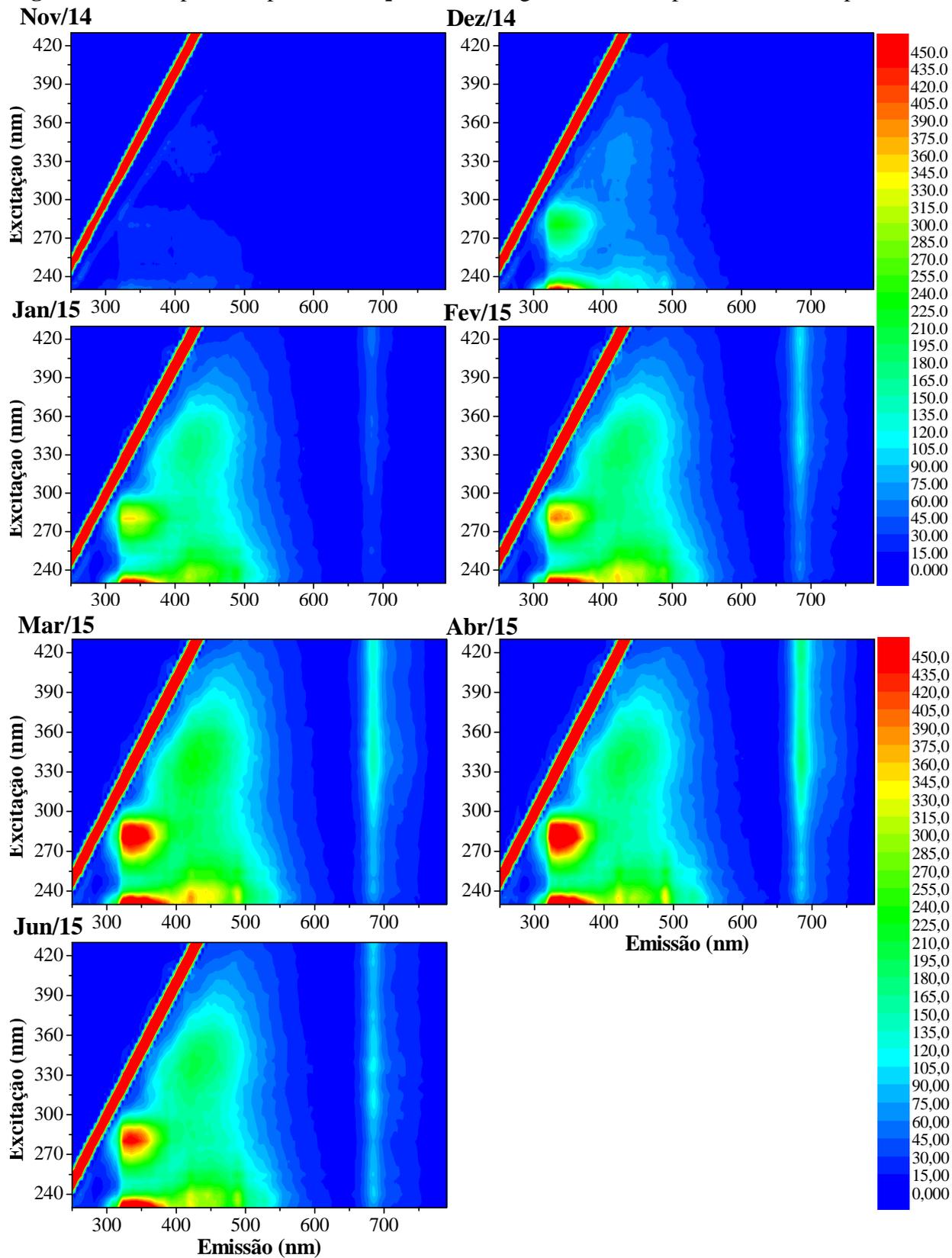


Figura 13 - Mapas 3D para o tanque 4 ao longo do cultivo produtivo de tilápias do Nilo.



As regiões 1, 2 e 3 mencionadas no mapa 3D da secção 2.4.1, referentes às emissões de fluorescência de proteínas, matéria orgânica e clorofila, respectivamente, foram observadas em todas as medidas para todos os tanques ao longo do tempo. Nota-se uma evolução gradativa das intensidades de fluorescência em todas as regiões e função do tempo.

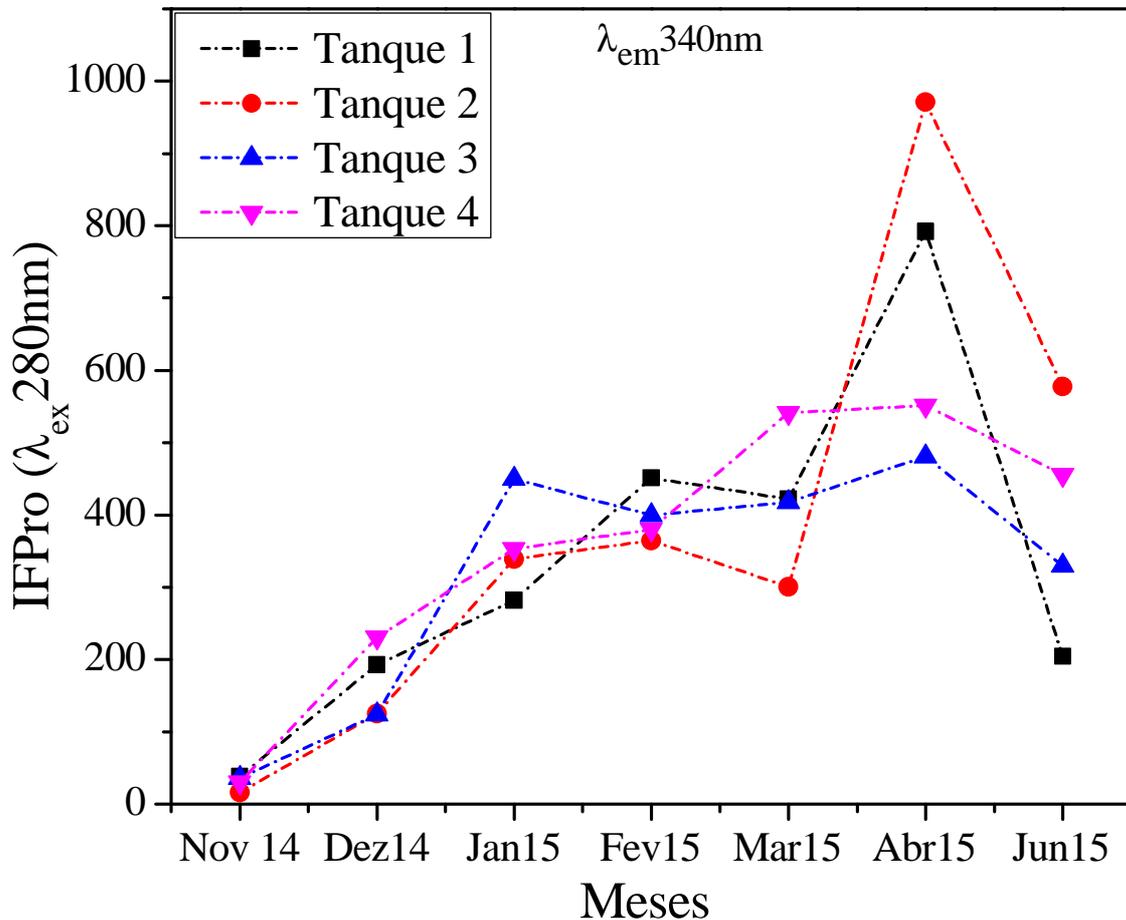
Com base nos espectros de fluorescência da MEE (mapas 3D), observou-se que a região 1, da proteína, é a mais intensa em todos os tanques ao longo do tempo. Observa-se ainda que a intensidade de fluorescência dessa região se destaca apresentando a maior intensidade para o mês de abril/15, em todos os tanques estudados. A emissão associada às substâncias proteicas pode estar relacionada com a oferta da ração para os peixes, uma vez que ela é a principal fonte de proteína. Hambly *et al.* [39] em seus resultados observou que a intensidade de fluorescência da proteína aumentou com o um aumento da entrada de ração em RAS – Sistema de Recirculação de Aquicultura. Vale ainda salientar que nesse mesmo mês a precipitação foi menor em todos os tanques (Figura 9), levando a um aumento da concentração de proteína na água o que, conseqüentemente, pode também ocasionar um aumento na intensidade de fluorescência.

A região 2 é atribuída a fluorescência da matéria orgânica e apresenta uma ampla região de emissão. No mês de abril/15, a intensidade de emissão para matéria orgânica foi maior para o tanque 2 em relação aos demais tanques. A contribuição da matéria orgânica nesses tanques é ocasionada pelo tempo de detenção da água favorecendo o acúmulo de material proveniente do próprio tanque como também de substâncias externas. Exemplos de algumas contribuições internas e externas: ração, as excretas dos peixes, a decomposição de materiais biológicos, material vegetal em decomposição, entre outros.

A região referente à emissão da clorofila (região 3) é observada numa emissão característica de aproximadamente 685 nm, para um amplo intervalo de comprimentos de onda de excitação, desde 230 nm até 430 nm. Nota-se que a fluorescência é mais intensa nos tanques 3 e 4 para o mês de abril/15, podendo associar esse fato à baixa precipitação nesse mês, a qual contribui com um aumento na concentração de microalgas.

Para melhor detalhar essas informações foram confeccionados gráficos separadamente através das intensidades de fluorescência das regiões 1, 2 e 3 a partir dos mapas 3D. A Figura 14 apresenta a tendência da Intensidade de Fluorescência da Proteína (IFPro) para os comprimento de onda específicos em $\lambda_{ex}/\lambda_{em}$ 280/340 nm, ao longo do tempo do estudo para todos os tanques.

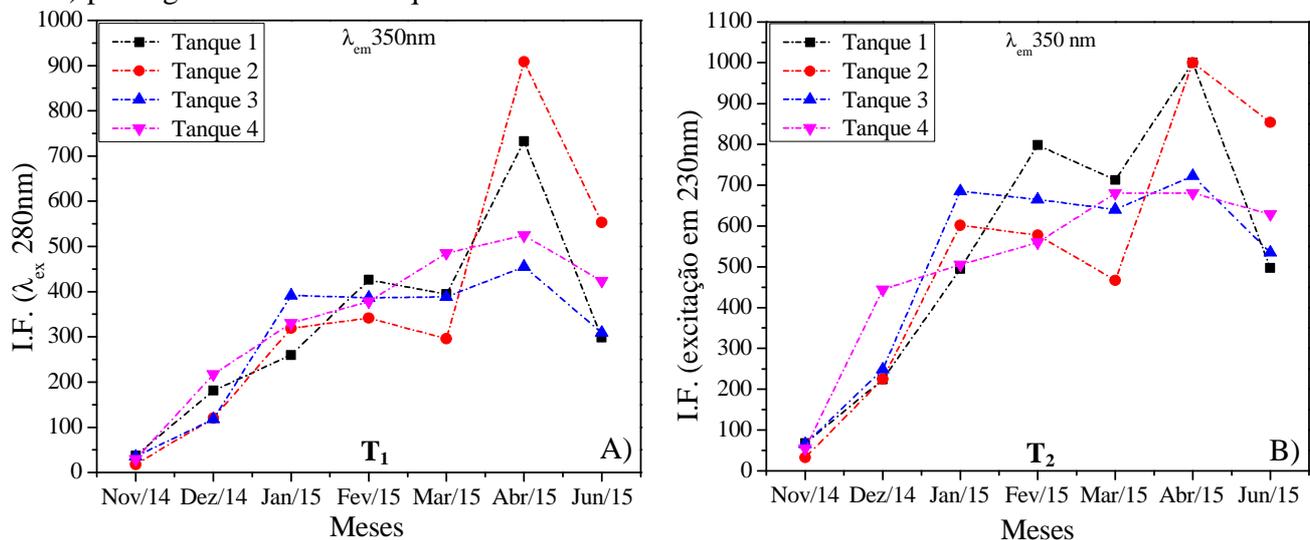
Figura 14 - Intensidade de Fluorescência da Proteína (IFPro) de todos os tanques ao longo do tempo ($\lambda_{ex}/\lambda_{em}$ 280/340 nm).



Observa-se na Figura 14 uma tendência crescente da IFPro ao longo do tempo para todos os tanques. As maiores IFPro foram observadas no mês de abril/15 para os tanques 1 e 2. Esse comportamento pode ser explicado pela introdução de ração para alimentação dos peixes, associada ao número de vezes de arraçoamento diário e quantidade. Como não há um padrão a ser seguido em relação à oferta de ração, o grande desafio para o manejo alimentar de tilápias é dosar essa oferta de modo que os peixes ainda mantenham um adequado consumo de alimento natural, que possui um alto valor energético e pode conter níveis de proteínas na matéria seca, variando de 20 a 60% [5]. Portanto, o resultado observado para o mês de abril/15 indica um excesso de proteína para os tanques 1 e 2 com relação aos demais tanques.

Segundo Carstea [13] e Baker *et al.* [38] a fluorescência do triptofano (um dos principais componentes fluoróforos na região 1 do mapa 3D) ocorre em dois pares de comprimentos de onda, sendo T_1 : 280-290/350 nm e T_2 : $\lambda_{ex}/\lambda_{em}$ 220-230/350 nm. Outros estudos mostram também que a emissão da tirosina (componente também pertencente à região 1 do mapa 3D) é predominantemente observada em comprimentos de onda $\lambda_{ex}/\lambda_{em}$ 220-275/305-310 nm [8-11,38,40,41], porém com menor intensidade em relação ao triptofano. A fenilalanina (outra substância proteica) possui eficiência quântica menor do que as anteriores, e conseqüentemente, não apresenta uma intensidade de fluorescência significativa [62]. A Figura 15 mostra as intensidades de emissões específicas para o triptofano (T_1 e T_2).

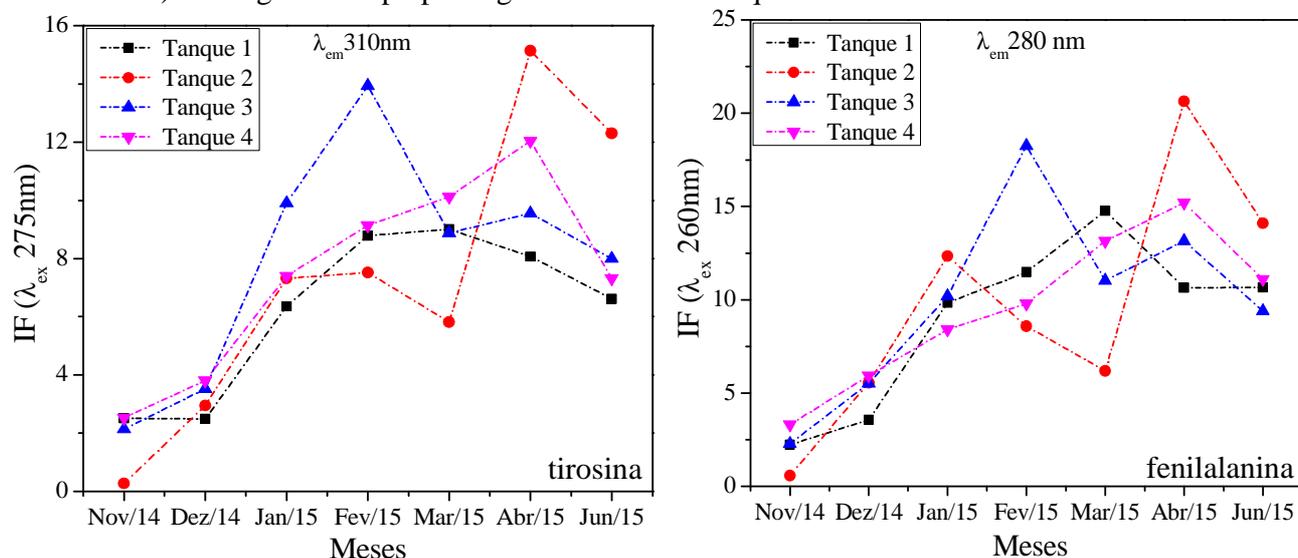
Figura 15 - Intensidades de Fluorescência para o Triptofano (T_1 : $\lambda_{ex}/\lambda_{em}$ 280/350 nm e T_2 : 230/350 nm) para água de todos os tanques.



As intensidades de fluorescência para o triptofano T_1 e T_2 , com base nos mapas 3D, seguem o mesmo comportamento observado na Figura 14, com uma semelhança maior entre as Figuras 14 e 15 A.

A Figura 16 apresenta os outros dois componentes característicos das proteínas (tirosina e fenilalanina) de todos os tanques ao longo do tempo.

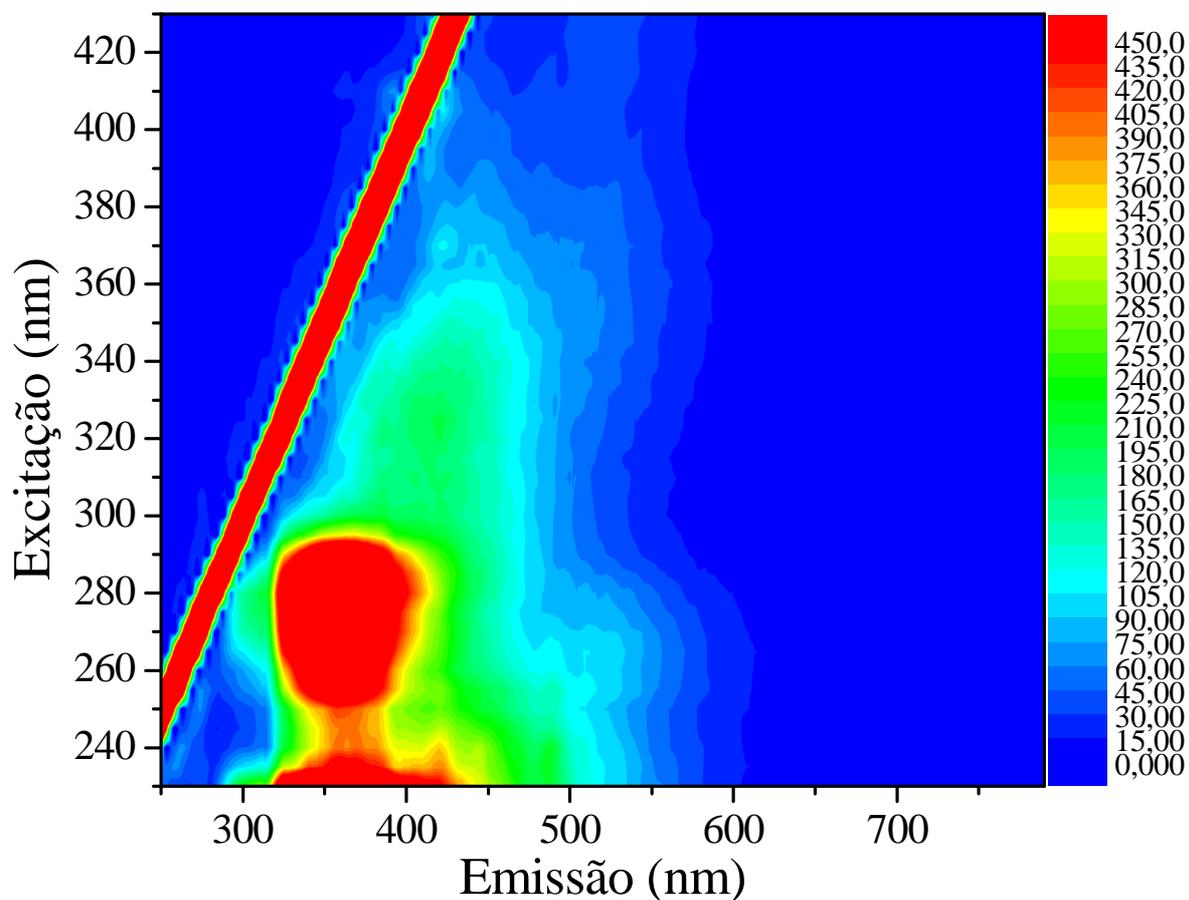
Figura 16 – Intensidade de Fluorescência da Tirosina ($\lambda_{ex}/\lambda_{em}$ 275/310 nm) e Fenilalanina ($\lambda_{ex}/\lambda_{em}$ 260/280 nm) ao longo do tempo para água em todos os tanques.



Observa-se que para esses componentes as intensidades de fluorescência são significativamente menores quando comparados as do triptofano (Figuras 15 A e B). Portanto, com base nessas informações, indica que a predominância na água dos tanques estudados é do triptofano em relação aos outros componentes proteicos.

Com o objetivo de comparar os resultados obtidos para as amostra de água, referentes aos componentes proteicos, fez-se a diluição da ração (sendo a mesma oferecida para todos os tanques) em água destilada e coletaram-se os mapas 3D para cinco diferentes concentrações variando de 0,4 a 2,03 g.L⁻¹. A Figura 17 apresenta o mapa 3D coletado para a solução de maior concentração (2,03 g.L⁻¹).

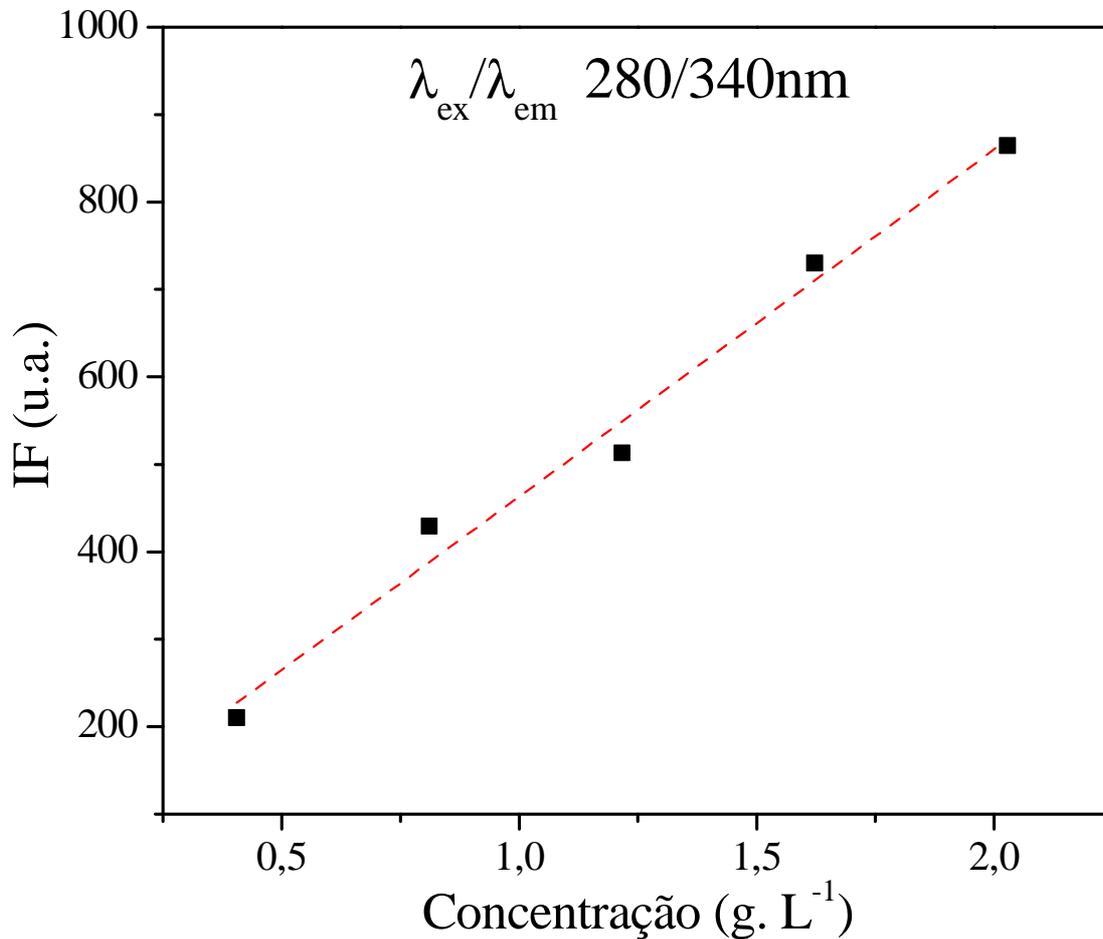
Figura 17 – Mapa 3D da ração fornecida aos peixes de todos os tanques, diluída em água destilada.



O mapa 3D obtido para a ração (Figura 17) apresenta duas regiões coincidentes com os observados para as águas dos tanques (Figuras 10 a 13), sendo elas, a região 1 para a proteína e a região 2 para a matéria orgânica, como esperado, apresentando uma maior intensidade de fluorescência na região das proteínas, atribuída à emissão T₁ do triptofano. É interessante notar que a ração também é uma fonte de matéria orgânica para os tanques. Além disso, não foram observadas emissões características de quaisquer pigmentos como clorofila, ou outro componente existente na ração [43].

Os mapas 3D obtidos para as demais concentrações são idênticos ao observado na Figura 17, porém, com uma dependência da intensidade com a concentração. A Figura 18 apresenta a intensidade de emissão para o triptofano ($\lambda_{ex}/\lambda_{em}$ 280/340 nm) em função da concentração de ração na água.

Figura 18 – Resposta da Intensidade de Fluorescência para diferentes concentrações de ração diluída em água destilada. As linhas pontilhadas são somente guias para os olhos.

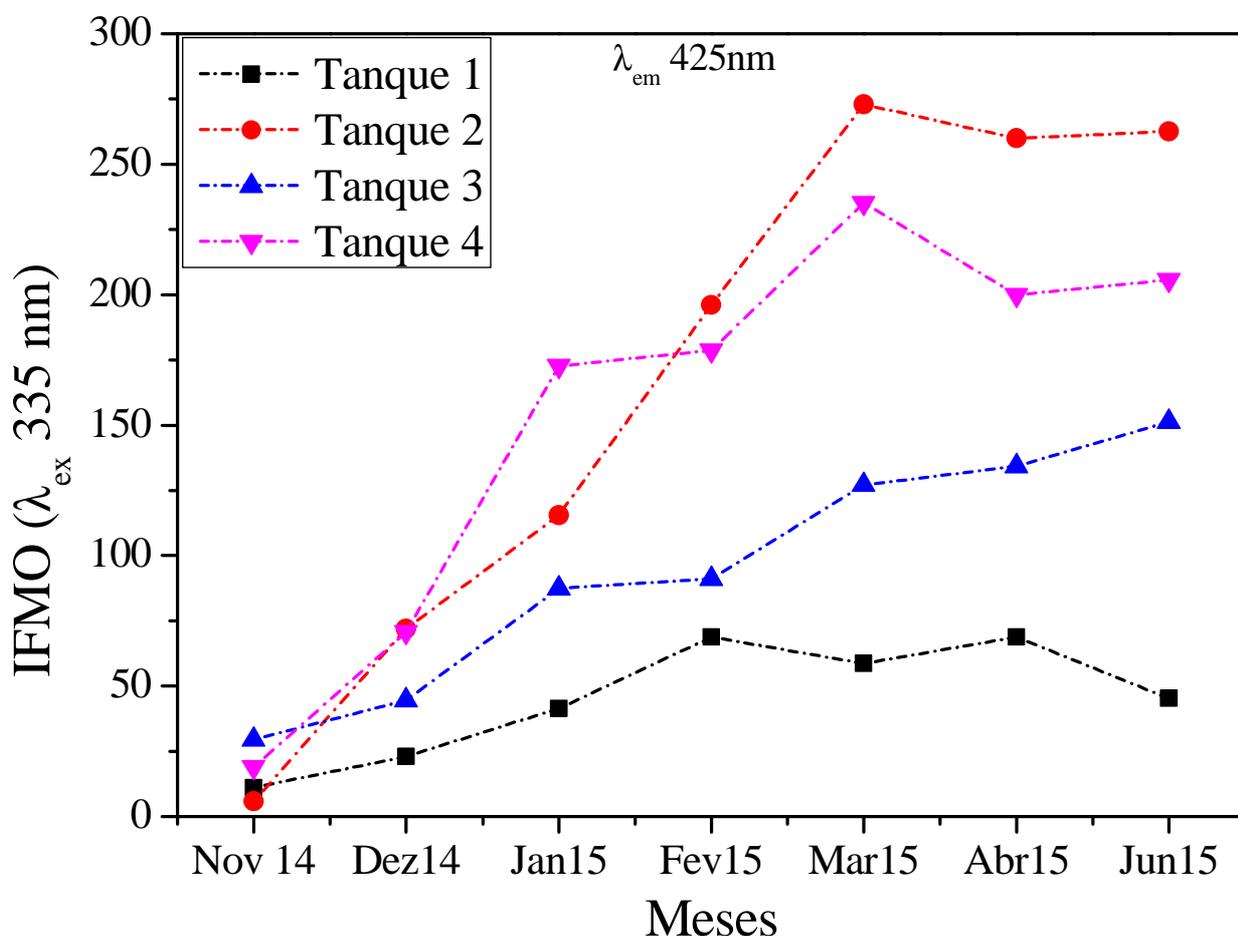


Osti [42] afirma que o alimento (ração) não consumido pode ser convertido em amônia, nitrato, fosfato, dióxido de carbono e sólidos orgânicos em suspensão, que quando associados às excretas proporcionam um considerável aporte de matéria orgânica e inorgânica para o meio. Esse fato torna importante o controle da quantidade de proteína disponível, uma vez que o acúmulo de nutrientes pode provocar alterações crônicas no ambiente aquático resultando no crescimento descontrolado do fitoplâncton, como algas e cianobactérias.

Na Figura 18, é nítida a dependência linear da emissão fluorescente para o triptofano com a concentração de ração na água. Sabendo que a ração é a maior contribuinte para a emissão da proteína presente na água dos tanques, esse resultado indica a possibilidade de acompanhar/mensurar a quantidade de proteína disponível no meio, porém, há a necessidade de um estudo mais detalhado em função da concentração para avaliar os limites de detecção da fluorescência.

Como já mencionado anteriormente no texto, outro componente importante na análise de água, e que foi observado nos espectros 3D dos tanques é a matéria orgânica, comumente encontrada em ambientes aquáticos [11-13,28,39-41]. A emissão característica deste componente em RAS foi observada em comprimentos de onda $\lambda_{ex}/\lambda_{em}$ 340/430 nm, segundo Hambly *et al.*[39]. A Figura 19 apresenta o comportamento da Intensidade de Fluorescência da Matéria Orgânica (IFMO) em todos os tanques ao longo do tempo.

Figura 19 - Intensidade de Fluorescência da Matéria Orgânica (IFMO) de todos os tanques ao longo do cultivo durante o estudo ($\lambda_{ex}/\lambda_{em}$ 335/425 nm).



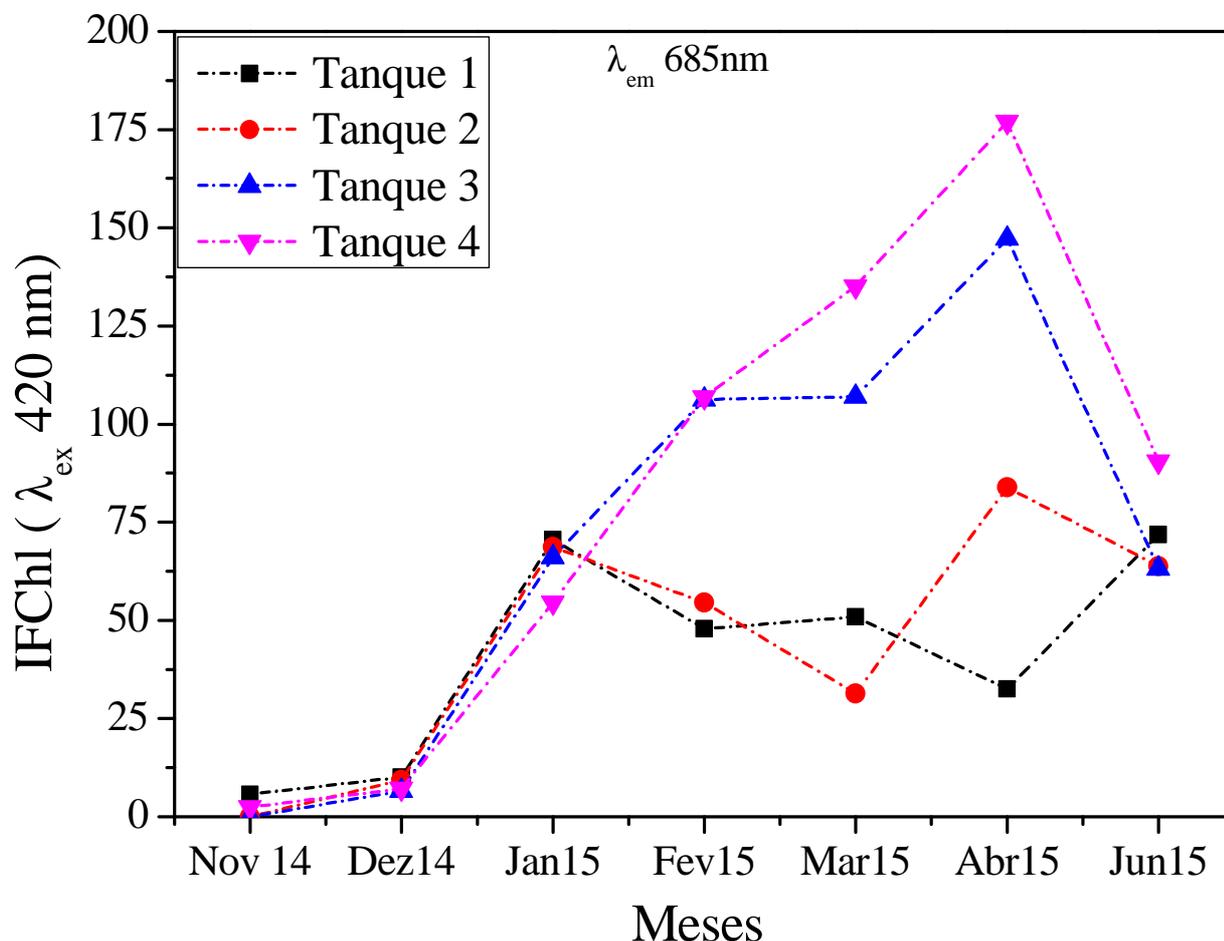
Neste caso, também se observa um comportamento crescente da IFMO no decorrer dos meses para todos os tanques. A maior intensidade de fluorescência foi observada para o tanque 2 no mês de março/15, com uma pequena diminuição da IFMO para os meses de abril/15 e junho/15. O mesmo comportamento é observado para o tanque 4.

Já para o tanque 3 a IFMO é crescente ao longo de todo o período, enquanto no tanque 1 a IFMO apresenta as menores intensidades, se comparado aos outros tanques.

Muitos trabalhos na literatura utilizam a Espectroscopia de Fluorescência na intenção de avaliar a origem da matéria orgânica [9-13,28,39-41,44-46,48]. No entanto, no caso da piscicultura, diversos fatores podem influenciar a resposta da IFMO, como por exemplo, a densidade de peixes estocados; o manejo adotado em cada um dos tanques, que envolvem variáveis como a periodicidade da renovação de água, a quantidade e qualidade de rações introduzidas nos tanques, bem como o número de vezes de oferta da ração; decomposição de fito e zooplâncton, excretas dos organismos aquáticos e por fim, as precipitações ocorridas, levando material do entorno dos tanques para dentro deles. Apesar de haver menor influência da matéria orgânica proveniente do solo na água dos tanques, pelo fato de serem lonados, todos os fatores citados anteriormente podem contribuir para as diferenças observadas no comportamento da IFMO para os tanques, o que torna a sua análise bastante complexa. Nesse caso, a técnica de espectroscopia de absorção no UV-Vis é uma ferramenta adicional e os resultados obtidos serão apresentados na seção posterior.

A última região observada nos mapas 3D para a água dos tanques é atribuída à emissão da clorofila. As propriedades de fluorescência para o fitoplâncton dependem da pigmentação de suas células e esses vários pigmentos estão envolvidos na eficiência de absorção da luz, sendo que toda clorofila possui uma elevada absorção na região azul do espectro eletromagnético [36]. A Figura 20 apresenta a Intensidade de Fluorescência da Clorofila (IFChl), a qual está associada à produtividade primária presente no sistema de cultivo, com comprimentos de onda em $\lambda_{ex}/\lambda_{em}$ 420/685 nm.

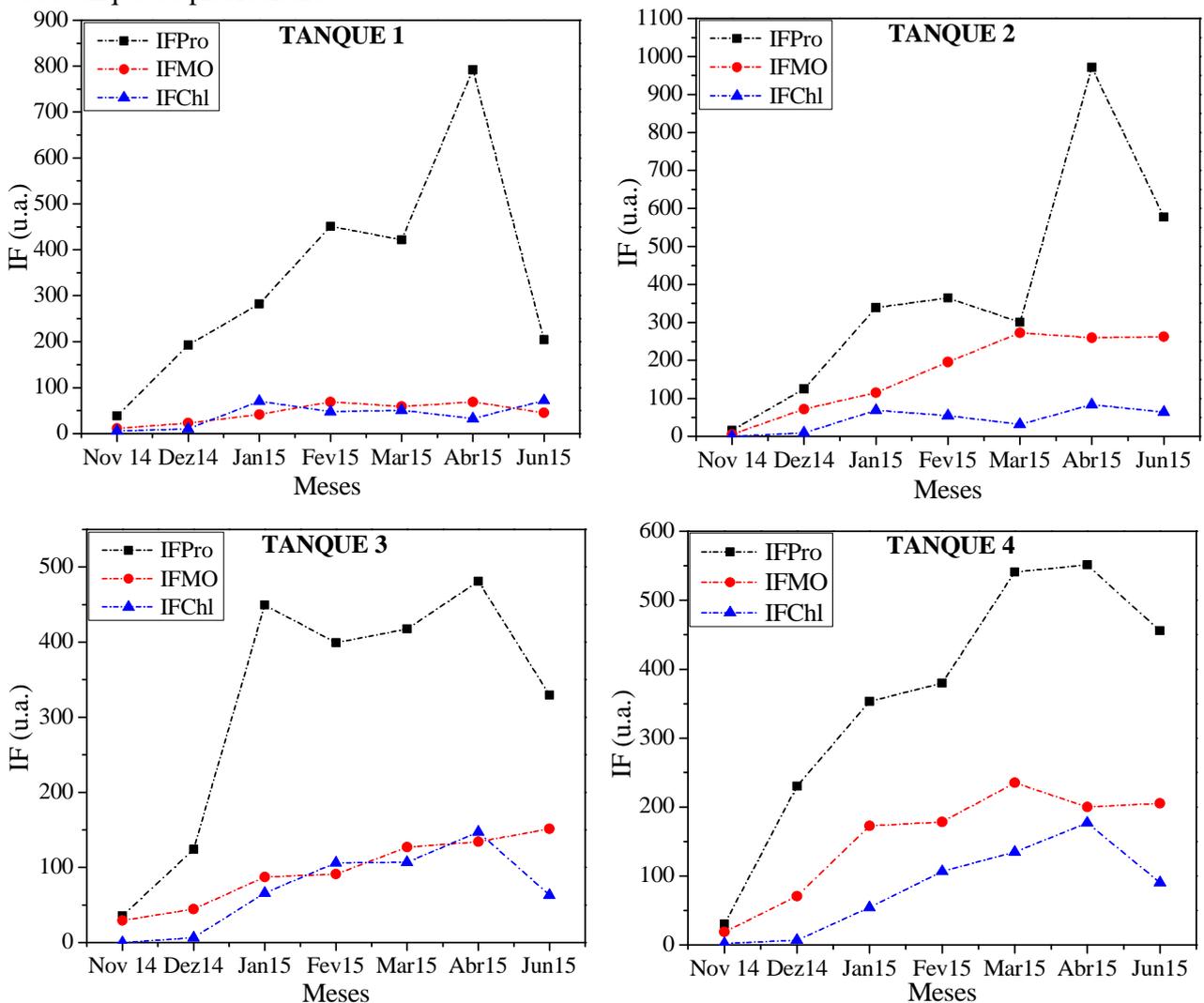
Figura 20 – Intensidade de Fluorescência da Clorofila (IFChl) para todos os tanques ao longo do tempo ($\lambda_{ex}/\lambda_{em}$ 420/685 nm).



Todos os tanques seguem o mesmo comportamento para a IFChl até o mês de janeiro/15. Após esse mês, os tanques 1 e 2 possuem uma diminuição da IFChl em comparação aos tanques 3 e 4. Vale lembrar que esses dois primeiros tanques apresentaram as maiores intensidades de proteína IFPro, que foi justificada pela excessiva oferta de ração (Figura 14), que muitas vezes estava sobrenadante como observado nas coletas em campo. O comportamento inverso observado para a IFChl pode ser um indício de que os peixes estão preferencialmente se alimentando de fitoplânctons ao invés de ração, e isso explicaria a diminuição da IFChl a partir de janeiro/15 nesses dois tanques. Os tanques 3 e 4 apresentaram o mesmo comportamento para a IFChl. A máxima da IFChl para esses tanques foi observada no mês de abril/15 com uma queda nas intensidades para o mês de junho/15.

No intuito de facilitar a visualização e comparação entre os comportamentos associados às Intensidades de Fluorescência correspondentes a IFPro, IFMO e IFChl, a Figura 21 apresenta essas intensidades no mesmo gráfico para cada um dos tanques.

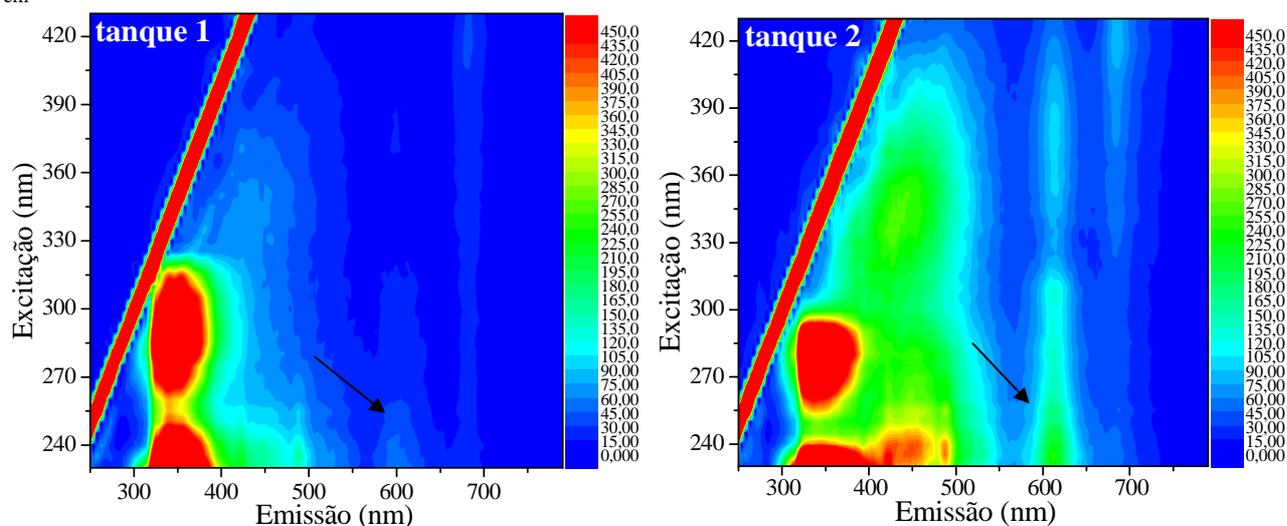
Figura 21 – Comportamento geral das Intensidades de Fluorescência para IFPro, IFMO e IFChl para cada tanque de piscicultura.



Apesar de todos os tanques possuírem diferentes características de manejo, seja na alimentação, aeração e/ou renovação de água, de maneira geral, os comportamentos das intensidades de fluorescência para IFChl e IFPro foram semelhantes para os tanques 1 e 2 e entre os tanques 3 e 4. Observando a Figura 21, para todos os tanques, nota-se que a IFPro é a mais intensa em relação à IFMO e IFChl.

No mês de abril/15, uma emissão distinta das regiões de interesse foi notada nos mapas 3D para os tanques 1 e 2, com intensidades de fluorescência entre os comprimentos de onda de excitação λ_{ex} 230-430 nm e entre os comprimentos de onda de emissão no intervalo λ_{em} 580-650 nm, conforme indicado pelas setas no gráfico da Figura 22. Lembrando que os parâmetros limnológicos obtidos para o tanque 2 não demonstraram qualquer variação fora do recomendado para o cultivo.

Figura 22 – Mapas 3D para os **tanques 1 e 2** com intensidades de fluorescência entre λ_{ex} 230-430/ λ_{em} 580-650 nm no mês de abril/15.

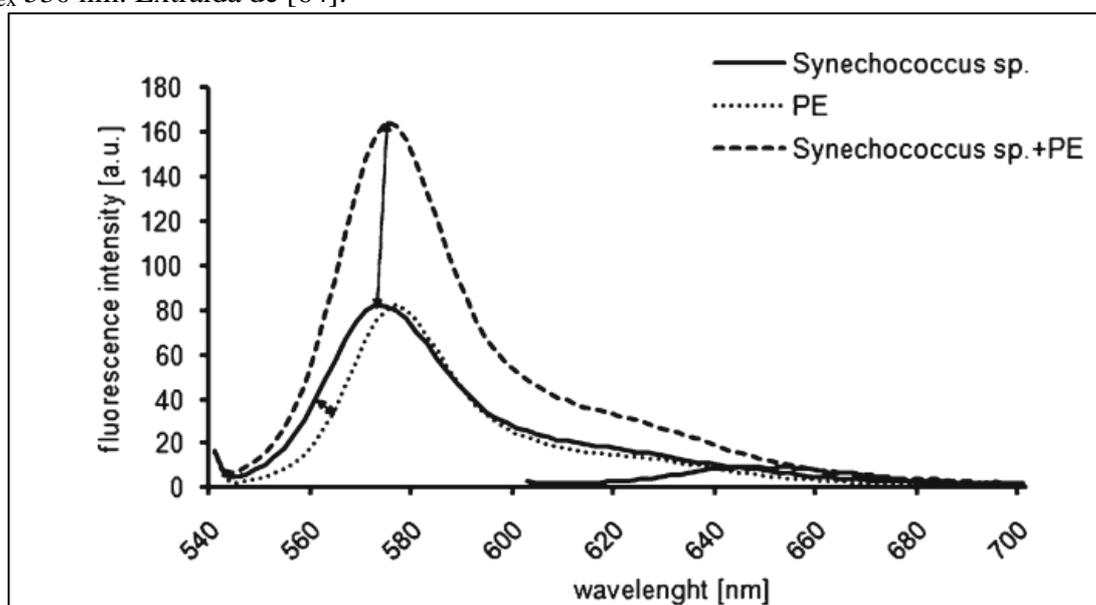


A amostra de água obtida para o tanque 2 apresenta uma intensidade de emissão muito maior do que a observada para o tanque 1, e essa emissão permanece presente no mapa 3D desse tanque para o mês de junho/15. Esta região é característica para a emissão de pigmentos, porém nota-se uma baixa emissão da clorofila nesse mês.

Por comparação com diversos trabalhos apresentados na literatura, chega-se à conclusão que essa emissão pode ser atribuída à fluorescência do pigmento ficoeritrina [36,37,63]. Esse pigmento fotossintético auxiliar, abundantemente presente em cianobactérias e algas vermelhas, quando isolado, apresenta alta intensidade de fluorescência [36,37]. Marinković *et al.* relatam que o pigmento ficoeritrina isolado é altamente fluorescente, com uma alta absorção sobre uma ampla faixa do espectro visível [49].

A título de comparação, a Figura 23, obtida da literatura [64], apresenta o espectro de emissão de uma solução padrão de ficoeritrina (PE) e também para o pigmento extraído da monocultura de cianobactérias (*Synechococcus sp*) obtidos para o comprimento de onda de excitação em λ_{ex} 530 nm. O mesmo espectro de emissão para o pigmento PE é observado por diversos autores para comprimentos de onda distintos [37,49,63-65]. Marinković *et al.* [49] apresentam o espectro MEE da PE para um intervalo de excitação de 340 a 470 nm, com emissões características coincidentes com as observadas neste trabalho e apresentadas na Figura 22.

Figura 23 - Espectros de emissão da ficoeritrina (PE) extraída de monoculturas de cianobactérias com λ_{ex} 530 nm. Extraída de [64].



Essa emissão leva à hipótese de que tenha ocorrido o crescimento de cianobactérias ou algas ricas em ficoeritrina no mês de abril/15 para os tanques 1 e 2, e no mês de junho/15, com menor intensidade, apenas para o tanque 2.

Em um trabalho que está em andamento no grupo de pesquisa NUPAQ, fez-se a análise prévia das amostras de fitoplânctons coletadas nesse mesmo mês (abril/15). Por utilização de um microscópio, foi detectada a presença de um tipo diferente de fitoplâncton nessas amostras, porém sua identificação ainda não pôde ser realizada, necessitando de uma análise mais detalhada.

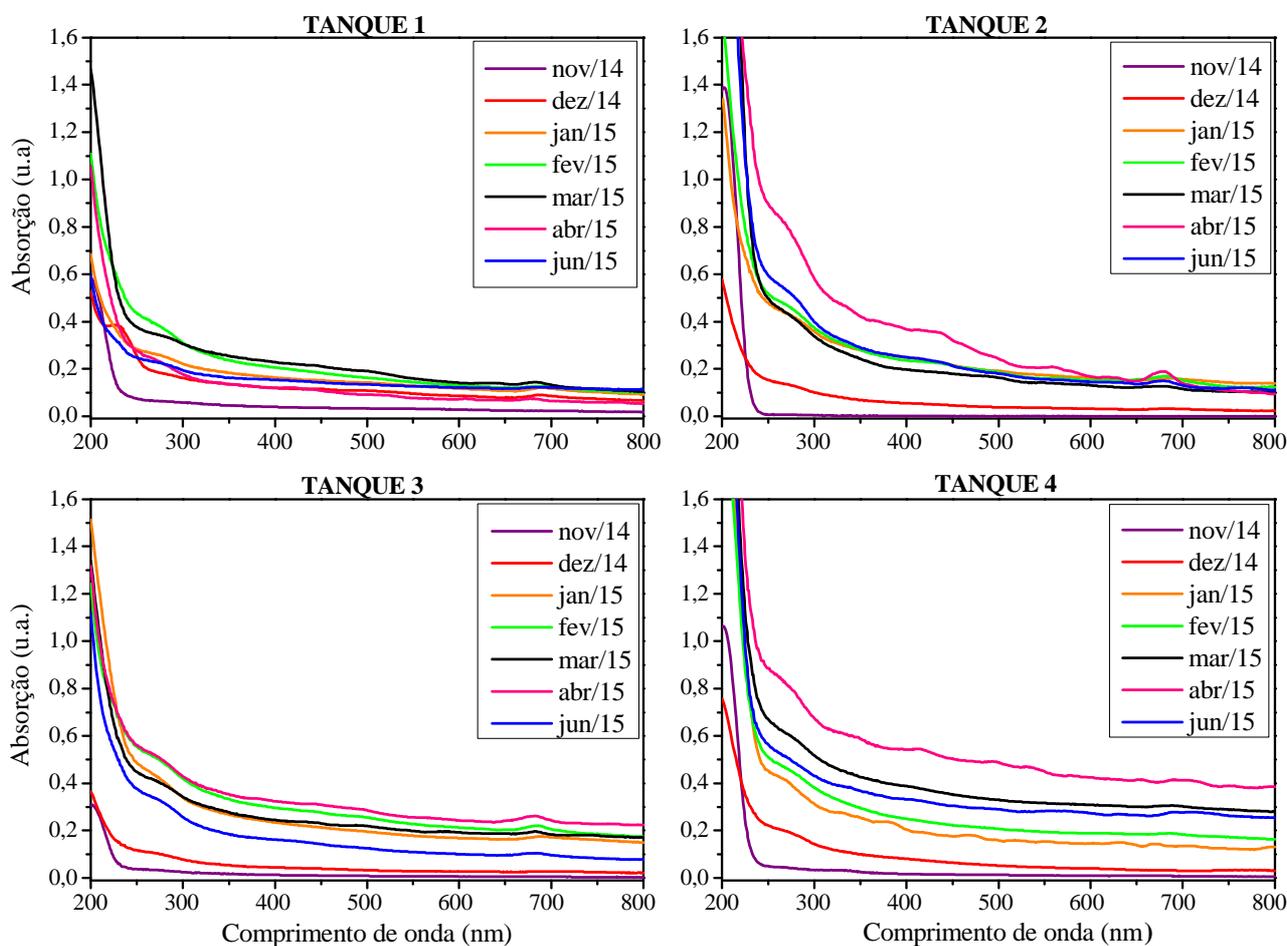
Por fim, observa-se que a técnica de espectroscopia de fluorescência, permitiu caracterizar os comportamentos de cada tanque em função do tempo considerando o comportamento obtido para IFPro, IFMO e IFChl sob diferentes influências bióticas e abióticas e diferentes condições de manejo adotados pelos piscicultores. Destaca-se ainda o potencial da técnica para a identificação de crescimento de outros organismos, como algas e cianobactérias, que não são rapidamente identificadas/detectadas em análises convencionais (parâmetros limnológicos).

4.4 Espectroscopia de Absorção no Ultravioleta e Visível (UV-Vis)

A técnica de espectroscopia de absorção no UV-Vis tem ganhado destaque na análise de água em diversos sistemas aquáticos [9,10,28,35,44-48]. Porém, até o presente momento, não foram relatados trabalhos utilizando sua aplicação para avaliar a qualidade da água em pisciculturas.

A Figura 24 apresenta os gráficos de absorção no UV-Vis das águas de todos os tanques do estudo ao longo do tempo de cultivo, com a finalidade de caracterizar qualitativamente esses ambientes.

Figura 24 - Absorção no UV-Vis da água de todos os tanques ao longo do período do estudo.



A primeira coleta, referente ao mês de novembro/14, com os peixes já inseridos nos tanques, apresenta valores de absorbância próximos à zero, no intervalo de 250 a 800 nm, característicos de uma água pouco concentrada, “limpa”.

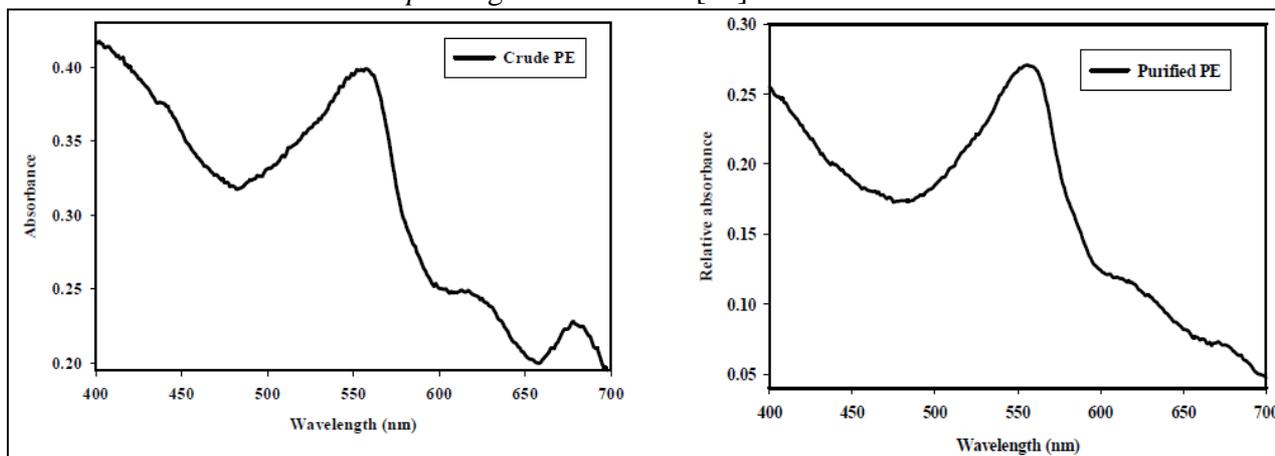
À medida que a água dos tanques vai sendo colonizada pelos organismos aquáticos, bem como, por outros componentes que contribuem para o aumento dos sólidos no meio, nota-se que a absorbância apresenta valores acima de zero (0,0), assumindo que ocorre o espalhamento da luz pela amostra diminuindo sua transmitância. As curvas de absorbância se deslocam para maiores valores de acordo com o passar dos meses. Os principais interferentes nas medições de absorbância UV-Vis são partículas coloidais dispersas na água e compostos orgânicos e inorgânicos que podem dificultar a análise com relação aos compostos de interesse [35].

Observa-se ainda na Figura 24, uma absorção entre 250 e 300 nm para todos os tanques, a qual pode ser associada à presença de COD. Com base em alguns estudos, o comprimento de onda de 254 nm é utilizado no monitoramento de compostos orgânicos, ricos em anéis aromáticos [9-12,28,35,38-40,44-47]. Os tanques 2 e 4 apresentaram as maiores intensidades de absorção nessa região, principalmente para o mês de abril/15, em comparação aos demais tanques, enquanto o tanque 1 apresentou menor intensidade de absorção. Este resultado concorda com o observado na IFMO (Figura 19).

Observa-se nos espectros obtidos para o tanque 2, uma curva de absorbância mais acentuada para o mês de abril/2015. Neste mês foi também notada uma emissão fluorescente inesperada, atribuída à emissão do pigmento ficoeritrina. Em geral, a ficoeritrina absorve a luz em uma série de picos sobrepostos que variam de 450 a 660 nm [64,65].

Com o objetivo de confirmar a presença do pigmento ficoeritrina pelos espectros de absorção no UV-Vis, apresenta-se na Figura 25, a título de comparação, a absorbância característica desse pigmento, extraída da referência [65].

Figura 25 - Espectro de absorção do pigmento ficoeritrina PE bruto e purificado a partir da extração de cianobactérias *Microchaete sp.* Imagem extraída de [65].



Por comparação entre os espectros apresentados na Figura 25 com os resultados obtidos para o mês de abril da Figura 24, nota-se que essa absorção pode estar presente nas amostras de água do tanque 2. Para o tanque 1, devido à baixa absorbância não foi possível fazer tal comparação.

A região de absorção próxima a 700 nm ($\lambda \sim 685$ nm) está associada à presença de clorofila [43] e também pode ser identificada em todos os espectros. Porém, apenas os tanques 2 e 3 apresentaram maior absorção nessa região quando comparados aos outros tanques, principalmente para o mês de abril/15. Em decorrência do tanque 4 possuir uma amostra cada vez menos translúcida ao longo do tempo, fez com que dificultasse a nitidez das bandas de absorção referente aos cromóforos responsáveis, principalmente com relação à clorofila. Neste caso, nem mesmo a filtragem da água permitiu a identificação adequada das regiões de absorção de interesse.

A Tabela 8 apresenta os valores de absorção em 254 nm (A_{254}) que conforme Azevedo *et al.* [46] é associada à compostos orgânicos ricos em anéis aromáticos. Uma vez que a matéria orgânica aquogênica apresenta cadeia carbônica constituída principalmente por carbono alifático e essa fração apresenta menor absorbância e menor intensidade de fluorescência com relação ao carbono aromático sua distinção torna-se possível por utilização das técnicas espectroscópicas [9,46]. Outro parâmetro apresentado é a razão entre as absorbâncias A_{300}/A_{400} que relaciona as absorções específicas quanto às substâncias húmicas, indicando que quanto menor for essa razão maior será o grau de humificação, aromaticidade e massa molecular.

Tabela 8– Valores de absorção em λ_{abs} 254 nm (A_{254}) e a relação das absorções em λ_{abs} 300 e 400 nm (A_{300}/A_{400}).

Tanque 1			Tanque 2		
Meses	A_{254}	A_{300}/A_{400}	Meses	A_{254}	A_{300}/A_{400}
nov/14	0,073±0,004	1,48±0,11	nov/14	0,00±0,00	4,9±0,1
dez/14	0,228±0,003	1,35±0,02	dez/14	0,148±0,001	1,81±0,03
jan/15	0,278±0,006	1,54±0,10	jan/15	0,46±0,01	1,4±0,1
fev/15	0,425±0,001	1,51±0,03	fev/15	0,50±0,02	1,59±0,07
mar/15	0,368±0,006	1,34±0,04	mar/15	0,48±0,02	1,7±0,1
abr/15	0,27±0,01	1,48±0,02	abr/15	0,88±0,02	1,59±0,07
jun/15	0,242±0,005	1,26±0,04	jun/15	0,58±0,01	1,60±0,03

Tanque 3			Tanque 4		
Meses	A_{254}	A_{300}/A_{400}	Meses	A_{254}	A_{300}/A_{400}
nov/14	0,037±0,001	2,02±0,01	nov/14	0,048±0,003	2,0±0,2
dez/14	0,114±0,004	1,7±0,1	dez/14	0,216±0,005	1,78±0,07
jan/15	0,47±0,01	1,45±0,03	jan/15	0,44±0,01	3,8±0,3
fev/15	0,54±0,01	1,42±0,03	fev/15	0,499±0,002	1,52±0,03
mar/15	0,44±0,02	1,40±0,05	mar/15	0,66±0,01	1,33±0,01
abr/15	0,55±0,01	1,32±0,02	abr/15	0,87±0,05	1,30±0,05
jun/15	0,366±0,005	1,59±0,07	jun/15	0,55±0,02	1,29±0,08

Os maiores valores de A_{254} são observados para os tanques 2 e 4, principalmente no mês de abril/15, sendo de $0,88 \pm 0,02$ e $0,87 \pm 0,05$, sendo esses resultados também coerentes com o observado pelo comportamento da IFMO.

Outro ponto importante é o fato das substâncias orgânicas dissolvidas, particularmente as substâncias húmicas em ambientes aquáticos, possuírem um papel fundamental na disponibilidade de nutrientes orgânicos e inorgânicos para as bactérias, fungos, fitoplâncton e macrófitas aquáticas [27]. Segundo Azevedo *et al.* [46] valores de A_{300}/A_{400} , quando normalizados pela concentração de carbono orgânico dissolvido COD, pode apresentar resultados menores que 3,5, sendo associados a ácidos húmicos ou valores maiores que 3,5, indicando a presença de substâncias húmicas proveniente de ácidos fúlvicos.

Para fazer uma análise quantitativa a partir dos dados obtidos por espectroscopia de absorção no UV-Vis faz-se necessária a normalização dos parâmetros A_{254} e A_{300}/A_{400} pelo COD, o que não foi possível de se executar no presente trabalho.

Esse fato impede a identificação da origem da matéria orgânica e das substâncias húmicas, no entanto, por se tratar de tanques lonados, espera-se que a matéria orgânica seja principalmente advinda de fonte autóctone, ou seja, da produção e decomposição dos próprios organismos.

4.5 Informações Adicionais

A criação das tilápias do Nilo nos tanques escavados lonados teve como intuito a comercialização, como uma fonte alternativa de renda para os produtores. Para isso, foi necessário um período de cultivo de oito meses aproximadamente, para que as tilápias atingissem um peso médio comercialmente ideal, aproximadamente 600 g.

A Tabela 9 apresenta os pesos médios das tilápias do Nilo para cada tanque. Esses resultados foram fornecidos pela equipe de campo do grupo NUPAQ.

Tabela 9 – Peso médio final (g) das tilápias do Nilo dos tanques do estudo.

Tanques	Peso médio final (g)
1	432
2	600
3	484
4	674

Observa-se na Tabela 9 que os tanques 2 e 4 apresentaram os maiores pesos médios das tilápias quando comparados aos tanques 1 e 3. Essas diferenças podem ter sido influenciadas pelo uso dos aeradores (tanques 2 e 4), pois ele possibilita a manutenção de concentrações mais adequadas de oxigênio dissolvido ao longo de toda a coluna d'água [19]. Apesar das tilápias admitirem baixos níveis de oxigênio dissolvido na água, seu crescimento, conversão alimentar e sobrevivência são afetados quando estão frequentemente submetidas às baixas concentrações de oxigênio [4,5]. Se não houver disponibilidade de aeração, o fornecimento de ração deve ser reduzido ou mesmo interrompido, de modo a impedir que o oxigênio dissolvido diminua até $2,0 \text{ mg.L}^{-1}$ [5].

Foi relatado anteriormente, na seção 4.2, que o tanque 1 apresentou valores de oxigênio dissolvido abaixo do recomendado por diversos autores [4,5,21,30], o que pode ter provocado um estresse e, conseqüentemente, a morte dos peixes. Esse mesmo tanque apresentou um elevado número de fêmeas, observado nas coletas em campo, o que pode ter interferido na engorda das tilápias, e possivelmente, dificultado a sua comercialização.

Kubitza [5] relata que os tanques escavados são ambientes que favorecem à reprodução de tilápias durante o cultivo, principalmente do quinto ao sexto mês de vida, e, como consequência, os alevinos e juvenis nascidos nos tanques de engorda competem com os peixes originalmente estocados, pelo alimento e oxigênio disponível, podendo prejudicar seu crescimento e sua conversão alimentar.

CAPÍTULO V

CONCLUSÃO

5. CONCLUSÃO

O monitoramento da qualidade da água nos tanques lonados através de análises dos parâmetros físico-químicos possibilitou a obtenção de informações pontuais de alguns dos parâmetros medidos em campo como, o pH, a temperatura da água e SDT, os quais se mantiveram dentro do recomendado, para a maior parte dos tanques durante o período de cultivo. Outros parâmetros, como a transparência da água, OD e condutividade elétrica apresentaram algumas alterações mantendo-se acima ou abaixo do recomendado para alguns tanques (tanques 1, 3 e 4), em determinados períodos do cultivo. O tanque 2 foi o único que não apresentou alterações significativas nos parâmetros limnológicos analisados. No entanto, nesse tanque e no tanque 1, foi detectada uma intensidade de fluorescência numa região distinta do esperado para os espectros MEE, a qual foi associada ao pigmento PE, comumente encontrado nas cianobactérias.

A técnica de espectroscopia de fluorescência permitiu avaliar importantes componentes, os quais compõem a água de piscicultura, como por exemplo, a proteína, a matéria orgânica e a clorofila, sem a necessidade de um pré-tratamento da água. Com relação à análise das intensidades de fluorescência para as regiões de interesse, observam-se que as maiores IFMO e IFPro foram obtidas no tanque 2, o que pode estar associada com a introdução de grandes quantidades de ração, ou até mesmo um excesso dela, gerando sobrenadantes, além de outros componentes gerados no próprio tanque (excretas e decomposição dos organismos aquáticos).

As IFChl nos tanques 3 e 4 foram maiores quando comparadas aos demais tanques, representando uma maior produtividade primária. Em contrapartida, as menores IFPro foram observadas para estes dois tanques, podendo-se dizer que a introdução de ração nesses dois tanques foi mais controlada.

Os resultados obtidos pela técnica de espectroscopia na região do UV-Vis corroboraram com os resultados da técnica de fluorescência, quanto à identificação dos componentes como a matéria orgânica e clorofila, permitindo ainda a confirmação da absorção relacionada com o pigmento PE. De maneira geral as técnicas de espectroscopia de fluorescência e de absorção na região do UV-Vis mostraram grande potencial para a análise da qualidade de água complementarmente aos parâmetros limnológicos convencionalmente utilizados. Vale ainda ressaltar que, até o presente momento, este é o primeiro trabalho na tentativa de aplicar qualitativamente tais técnicas na piscicultura.

CAPÍTULO VI

PROPOSTAS FUTURAS

6. PROPOSTAS FUTURAS

Considerando os pontos que ainda não foram explanados nesse trabalho e a dificuldade de correlacionar as variáveis acompanhadas pelas técnicas espectroscópicas aos parâmetros limnológicos, nota-se a necessidade da continuidade desse estudo adotando novas condições de coletas e análises, como listadas:

- Avaliar a qualidade da água através das técnicas de fluorescência e absorção UV-Vis, em tanque lonado de piscicultura com coletas mensais ao longo de um ano, avaliando a influência dos períodos chuvosos e de seca nas respostas do sistema;
- Avaliar a qualidade da água através das técnicas de fluorescência e absorção UV-Vis, em tanque lonado de piscicultura no cultivo de tilápia do Nilo ao longo do dia, com o intuito de verificar a influência de parâmetros limnológicos, como o oxigênio dissolvido sobre as emissões fluorescentes;
- Monitorar a qualidade da água através das técnicas espectroscópicas em diferentes profundidades do tanque lonado de piscicultura;
- Comparar as respostas espectroscópicas da água entre tanques lonados com e sem aeração;
- Confeccionar uma curva de calibração da proteína para quantificar sua concentração nas águas de cultivo de tilápia do Nilo;
- Aplicar a técnica da fluorescência pela Matriz de Excitação-Emissão (MEE) e a técnica de Absorção no Ultravioleta Visível de forma quantitativa, para identificar as características das frações da matéria orgânica (realizando medidas de COD) e outros componentes de interesse para a piscicultura.

REFERÊNCIAS

- [1] Batista, A. **A Contribuição da Piscicultura para as Pequenas Propriedades Rurais em Dourados – MS.** Dissertação (Mestrado) apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados – Faculdade de Administração, Ciências Contábeis e Economia, Dourados/MS, 2013.
- [2] Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO. Disponível em : <<http://www.fao.org/3/a-i3720e.pdf>>, Acessado em: 02/03/2016. Rome, 2014.
- [3] Zimmermann, S. & Hasper, T. O.B. **Piscicultura no Brasil: O Processo de Intensificação da Tilapicultura.** 40^a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, (Sessão Palestras), 2003.
- [4] Sant’Ana de Faria, R. H.; Morais, M.; Soranna, M. R. G. de S. & Sallum, W. B. **Manual de criação de peixes em viveiro.** Brasília: Codevasf, 2013.
- [5] Kubitzka, F. **Produção de Tilápias em Tanques de Terra- Estratégias Avançadas no Manejo.** *Panorama da Aquicultura, Set/Out* 2009.
- [6] Mercante, C. T. J.; Esteves, K. E.; Pereira, J. S. & Osti, J. S. **Limnologia na Aquicultura: Estudo de Caso em Pesqueiros.** Data da publicação: maio 2008, site: <www.pesca.sp.gov.br>, *Textos Técnicos*, <<ftp://ftp.sp.gov.br/ftpcesca/limnologia.pdf>>, Acessado, 31/07/2015.
- [7] Sipiúba-Tavares, L. H. **Limnologia Aplicada à Aquicultura.** *Boletim Técnico do CAUNESP n.1, Jaboticabal: FUNEP. 70p*, 1994.
- [8] Ostrensky, A. & Boeger, W. **Piscicultura: Fundamentos e Técnicas de Manejo.** *Guaíba: Agropecuária, 211 p.*, 1998.
- [9] Lopardo, A. T. V.; Fernandes, C. V. S. & Azevedo, J. C. R. **Caracterização do Carbono Orgânico para Avaliação Ambiental da Qualidade da Água – Estudo de Caso do Lago Birigui.** *Revista Brasileira de Recursos Hídricos Vol 13 n.3 Jul/Set 2008, 23-34*, 2008.
- [10] Kramer, R. D.; Ide, A. H.; Mizukawa, A.; Marcante, L. J. O. & Azevedo, J. C. R. **Estudo da Caracterização da Matéria Orgânica Aquática da Bacia do Alto Iguaçu, Curitiba-PR.** *In Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos Bento Gonçalves - RS,1-8*, 2013.
- [11] Hudson N., Baker, A., Reynolds D. **Fluorescence Analysis of Dissolved Organic Matter in Natural, Waste and Polluted Waters - A Review.** *River Research and Applications River. Res. Applic. 23:* 631–649, 2008.
- [12] Bridgeman, J.; Bieroza, M. & Baker, A. **The Application of Fluorescence Spectroscopy to Organic Matter Characterisation in Drinking Water Treatment.** *Rev Environ Sci Biotechnol* 10: 277–290, 2011.

- [13] Carstea, M. E. **Fluorescence Spectroscopy as a Potential Tool for In-Situ Monitoring of Dissolved Organic Matter in Surface Water Systems.** Water Pollution: 214 p. Cap. 3: 47-68. ISBN: 978-953-307-962-2, 2012.
- [14] BRASIL. **Plano de Desenvolvimento da Aquicultura Brasileira – 2015/2020**, Brasília – DF, 2015.
- [15] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Produção da Pecuária Municipal.** ISSN 0101-4234, Rio de Janeiro, Vol. 41, p.1-108, 2013.
- [16] <<http://www.glorianews.com.br/noticia/agraer-desenvolve-projeto-de-criaasectapoundo-de-peixes-em-tanques-lona-em-gloria-de-dourados/=ADM2QTO>>, Acessado em 20/02/2016.
- [17] Brabo, M. F.; Veras, G. C.; Paiva, R. S. & Fujimoto, R. Y. **Aproveitamento Aquícola dos Grandes Reservatórios Brasileiros.** *Bol. Inst. Pesca, São Paulo, 40(1): 121 – 134*, 2014
- [18] Ono, E. A. & Kubitza, F. **Construção de Viveiros e de Estruturas Hidráulicas para o Cultivo de Peixes** *Panorama da Aquicultura, Vol. 12., nº 73, Setembro/Outubro*, 2002.
- [19] Ono, E. A. & Kubitza, F. **Construção de Viveiros e de Estruturas Hidráulicas para o Cultivo de Peixes.** *Panorama da Aquicultura. Vol. 13, nº 75. Janeiro/Fevereiro*, 2003.
- [20] Kubitza, F. **Panorama da Piscicultura no Brasil: Estatísticas, Espécies, Pólos de Produção e Fatores Limitantes à Expansão da Atividade.** *Panorama da Aquicultura, Vol 22 nº 132 Julho/Agosto*, 2012.
- [21] Kubitza, F. **Tilápias: Qualidade da Água, Sistemas de Cultivo, Planejamento da Produção, Manejo Nutricional e Alimentar e Sanidade.** *Panorama da Aquicultura, Vol 10, nº 59 Maio/Junho*, 2000.
- [22] Hayashi, C., Boscolo, W. R.; Soares, C. M. & Meurer, F. **Exigência de Proteína Digestível para Larvas de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), durante a Reversão Sexual.** *Revista Brasileira Zootecnia, Vol. 31, nº 2, p.823-828, (suplemento)*, 2002.
- [23] Silva, N. A. **Caracterização de Impactos Gerados pela Piscicultura na Qualidade da Água: Estudo de Caso na Bacia do Rio Cuiabá/MT.** Dissertação (Mestrado) apresentada ao Programa de Pós-graduação em Física e Meio Ambiente da Universidade Federal de Mato Grosso, 2007.
- [24] Kubitza, F. **Nutrição e Alimentação de Tilápias - Parte 1.** *Panorama da Aquicultura. Vol 9 nº 52 Março/Abril*, 1999.
- [25] Tavares, L. H. S. & Santeiro, R. M. **Fish Farm and Water Quality Management.** *Acta Scientiarum. Biological Sciences. Maringá, Vol. 35, nº 1, p. 21-27, Jan.-Mar*, 2013.
- [26] Mercante, C. T. J.; Carmo, C. F. do; Rodrigues, C. J.; Osti, J. A. S.; Mainardes Pinto, C. S.; Vaz-dos-Santos, A. M.; Tucci, A. & Di Genaro, A. C. **Limnologia de Viveiro de Criação de**

Tilápias do Nilo: Avaliação Diurna visando Boas Práticas de Manejo. *Bol. Inst. Pesca, São Paulo, 37(1): 73 – 84, 2011.*

[27] Tundisi, G. & Matsumura Tundisi, T. **Limnologia**, São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

[28] Birdwell, J. E. & Engel, A. S. **Characterization of Dissolved Organic Matter in Cave and Spring Waters using UV-Vis Absorbance and Fluorescence Spectroscopy.** *Organic Geochemistry 41, p. 270-280, 2010.*

[29] Martins, Y. K. **Qualidade da Água em Viveiro de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*): Caracterização Diurna de Variáveis Físicas, Químicas e Biológicas.** Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesca, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Secretaria de Agricultura e Abastecimento. - São Paulo, 2007.

[30] Boyd, C. E. **Water Quality for Aquaculture Pond.** Research and Development Series N. 43, Alabama, 1998.

[31] Carvalho Junior, S. B. de, Furtado, D. A., Dantas Neto, J. & Cardoso, D. U. **Fontes e Qualidade Físico-Química da Água para Piscicultura no Cariri Paraibano.** *Revista Educação Agrícola Superior-Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior - ABEAS – Vol. 29, nº 1, p.26-29, 2014.*

[32] Parron, L. M., Muniz, D. H. de F. & Pereira, C. M. **Manual de Procedimentos de Amostragem e Análise Físico-Química da Água.** *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Floresta, Documento 232, Colombo-PR, 2011*

[33] Valeur, B. **Molecular Fluorescence Principles and Applications.** Federal Republic of Germany, ISBNs: 3-527-29919-X (Hardcover); 3-527-60024-8 (Electronic), Cap. 2, 2002.

[34] Souza Sierra, M. M. de, Giovanela, M.; Donard, O. F. X. & Belin, C. **A Utilização da Espectroscopia de Fluorescência no Estudo da Matéria Orgânica Dissolvida nas Águas Naturais: Evolução e Perspectivas.** *Divulgação Química Nova, 19(3), 1996.*

[35] Villa, A. T. **Avaliação Ambiental de Qualidade da Água do Lago do Parque Barigüi: Potencial de Poluição Orgânica.** Dissertação (Mestrado) ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, 2005.

[36] Seppälä, J. **Fluorescence properties of Baltic Sea phytoplankton.** Ed. Prima Ltd, Helsinki, 2009.

[37] Cicerelli, R. E. **Estudo da Ocorrência de Cianobactérias no Reservatório de Nova Avanhandava-SP por meio da Inferência do Pigmento Ficocianina.** Tese (Doutorado) em Ciências Cartográficas da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, 2013.

- [38] Baker, A.; Ward, D.; Lieten, S. H.; Periera, R.; Simpson, E. C. & Slater, M. **Measurement of Protein-like Fluorescence in River and Waste Water using a Handheld Spectrophotometer.** *Water Research* 38, 2934–2938, 2004.
- [39] Hambly, A. C.; Arvin, E.; Pedersen, L. F.; Pedersen, P. B.; Seredyńska-Sobecka, B. & Stedmon, C. A. **Characterising Organic Matter in Recirculating Aquaculture Systems with Fluorescence EEM Spectroscopy.** *Water Research* 83 p.112 e 120, Elsevier Ltd, 2015.
- [40] Coble, P.G. **Characterization of Marine and Terrestrial DOM in Seawater using Excitation-Emission Matrix Spectroscopy.** *Marine Chemistry* 51, 325-346, 1996.
- [41] Chen, W.; Westerhoff, P.; Leenheer, J. A. & Booksh, K. **Fluorescence Excitation-Emission Matrix Regional Integration to Quantify Spectra for Dissolved Organic Matter.** *Environmental Science & Technology*, Vol 37, nº 24, 2003.
- [42] Osti, J. A. S. **Características Limnológicas e do Fitoplâncton de Viveiro de Criação de Tilápia-do-Nilo e de Wetlands Construídas para o Tratamento do Efluente.** Tese (Doutorado) apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura do Centro de Aquicultura da UNESP - CAUNESP, Jaboticabal – SP, 2013.
- [43] Schoefs, B. **Chlorophyll and Carotenoid Analysis in Food Products. Properties of the Pigments and Methods of Analysis.** *Trends in Food Science & Technology* 13, 361–371- Review, 2002.
- [44] Etheridge, J. R.; Birgand, F.; Osborne, J. A.; Osburn C. L.; Burchell, M. R. & Irving, J. **Using In Situ Ultraviolet-visual Spectroscopy to Measure Nitrogen, Carbon, Phosphorus, and Suspended Solids Concentrations at a High Frequency in a Brackish Tidal Marsh.** *Limnol. Oceanogr. Methods* 12, 10–2, 2014.
- [45] Bem, C. C.; Knapik, H. G.; Fernandes, C. V. S.; Braga, M. C. B. & Azevedo, J. C. R. de. **Características da Matéria Orgânica – Estudo Comparativo de Padrões de Espectrometria de Fluorescência e UV-Vis de Rio e Lago em Bacias Urbanizadas.** *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Vol. 18 nº 1, p.135-147, 2013.
- [46] Azevedo, J. C. R.; Teixeira, M. C.; Santos, A. M.; Leandrini, J. A. & Pagioro, J. A. **Caracterização da Matéria Orgânica Dissolvida da Planície de Inundação do Alto Rio Paraná.** *Oecol. Bras.* 12 (1): 66-77, 2008.
- [47] Modern Chemical Techniques. **Ultraviolet/Visible Spectroscopy.** *The Royal Society of Chemistry* 92115:<<http://media.rsc.org/Modern%20chemical%20techniques/MCT4%20UV%20and%20visible%20spec.pdf>>, Acessado em: 14/09/2015.
- [48] Salgado Brito, R.; Pinheiro, H. M.; Ferreira, F.; Saldanha Matos, J. & Lourenço, N. D. **In Situ UV-Vis Spectroscopy to Estimate COD and TSS in Wastewater Drainage Systems.** *Urban Water Journal*, 2013.

- [49] Marinković, B. P.; Delneri, A.; Rabasović, M. S.; Terzić, M.; Franko, M. & Šević, D. **Investigation and Detection of Cyanobacterial Cr-phycoerythrin by Laser-based Techniques.** *J. Serb. Chem. Soc.* 79 (2) 185–198, 2014.
- [50] Holler, F. J.; Skoog, D. A. & Crouch, R. S. **Princípios de Análise Instrumental.** 6ª Edição, 2009.
- [51] Lima, R. A. **Propriedades Ópticas da Água - Identificação de Contaminantes Contidos por Espectroscopia de Transmissão.** Dissertação (Mestrado) em Ecologia Aplicada a Conservação e Manejo de Recursos Naturais da Universidade Federal de Juiz de Fora – MG, 2008.
- [52] <http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/tesesabertas/0321127_05_cap_04.pdf>, Acessado em: 08/09/2015.
- [53] Korshin, G. V.; Li, C. & Benjamin, M. M. **Monitoring the Properties of Natural Organic Matter through UV Spectroscopy: A Consistent Theory.** *Wat. Res. Vol. 31, n ° 7, p. 1787-1795*, 1997.
- [54] Oliveira, H. de; Urchei, M. A. & Fietz, C. R. **Aspectos Físicos e Socioeconômicos da Bacia Hidrográfica do Rio Ivinhema /Dourados.** *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Oeste, 52p., Documentos*, 2000.
- [55] <<http://www.gloriadedourados.ms.gov.br/acidade.jsp>>, Acessado em: 03/08/2015.
- [56] <http://www.semade.ms.gov.br/wpcontent/uploads/sites/20/2015/03/regiao_da_grande_dourados_caderno_geoambiental.pdf>, Acessado em: 02/02/2016.
- [57] Agra, J. U. M.; Klink, J. M & Rodrigues, G. G. **Monitoramento da Piscicultura em Reservatórios: Uma Abordagem Ecológica.** *Revista Brasileira de Geografia Física, p.1457-1472*, 2012.
- [58] Kaiser, E. A.; Paula M. R. de, Pereira Filho, W. & Santos, F. C. dos. **Análise da Participação Pluviométrica sobre a Temperatura, Condutividade Elétrica e Total de Sólidos Suspensos da Água do Reservatório Ernestina.** *Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, INPE*, 2015.
- [59] Rebelo Neto, P. X. **Piscicultura no Brasil Tropical.** ISBN 978-85-289-0625-7 São Paulo, Hemus, 2013.
- [60] Queiroz, J. F. de & Boeira, R. C. **Boas Práticas de Manejo (BPMs) para Reduzir o Acúmulo de Amônia em Viveiros de Aquicultura,** *Comunicado Técnico ISSN 1516-8638 Jaguariúna/SP*, 2007.
- [61] Kubitz, F. **Nutrição e Alimentação de Tilápias - Parte 2 – Final.** *Panorama da Aquicultura, Vol 9 n ° 53 Maio/Junho*, 1999.

[62] Aguiar, R. R. de, Lima A., Souza, A. R. de, Magini, M. R. R, Codognoto, L., Oliveira, H. P. M. de. **Análise de Cerveja Nacional por Espectroscopia de Fluorescência.** *XI Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba.* p. 13-16, 2007.

[63] Korak, J. A.; Wert, E. C. & Rosario-Ortiz, F. L. **Evaluating Fluorescence Spectroscopy as a Tool to Characterize Cyanobacteria Intracellular Organic Matter upon Simulated Release and Oxidation in Natural Water.** *Water Research* 68;p. 432 e 443, 2015.

[64] Sobiechowska-Sasim, M.; Stoń-Egiert, J. & Kosakowska, A. **Quantitative Analysis of Extracted Phycobilin Pigments in Cyanobacteria - an Assessment of Spectrophotometric and Spectrofluorometric Methods.** *J. Appl Phycol.* 26:2065–2074, 2014.

[65] Hemlata, F. B. & Tasneem , F. **Cyanobacterial Phycoerythrin with Special Reference to *Microchaete sp. CCU342*.** *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, Vol. 3, Issue 3,* 2014.