

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE CIÊNCIAS
EXATAS E TECNOLÓGICAS
MESTRADO *STRICTO SENSU* EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**TENDÊNCIAS NA LITERATURA CIENTÍFICA, DETERMINANTES
LOCAIS E REGIONAIS DA CLOROFILA-A E ESTADO TRÓFICO EM
LAGOAS DE PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO**

SUZANA MARIA LOURES DE OLIVEIRA MARCIONILIO

ANÁPOLIS – GOIÁS
FEVEREIRO DE 2013

**TENDÊNCIAS NA LITERATURA CIENTÍFICA, DETERMINANTES
LOCAIS E REGIONAIS DA CLOROFILA-A E ESTADO TRÓFICO EM
LAGOAS DE PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO**

SUZANA MARIA LOURES DE OLIVEIRA MARCIONILIO
Química Industrial

Orientador: Prof. Dr. JOÃO CARLOS NABOUT

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás – UEG, Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas de Anápolis como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, para obtenção do título de MESTRE.

Anápolis
Goiás
2013

FICHA CATALOGRÁFICA

MARCIONILIO, SUZANA MARIA LOURES DE OLIVEIRA

Tendências na Literatura Científica, Determinantes Locais e Regionais da Clorofila-a e Estado Trófico em Lagoas de Planície de Inundação [Anápolis, Goiás] 2013.

ix ,46 p., 297 mm (UNUCET, UEG, Bacharel, Química Industrial, 2010)

Dissertação – Universidade Estadual de Goiás. Faculdade de Engenharia Agrícola.

Departamento de Engenharia Agrícola.

1. Cienciometria
2. Preditores
3. Limnologia
4. Recursos Hídricos

I Título

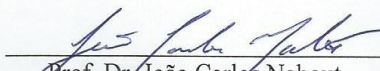
**TENDÊNCIAS NA LITERATURA CIENTÍFICA, DETERMINANTES
LOCAIS E REGIONAIS DA CLOROFILA-A E ESTADO TRÓFICO EM
LAGOAS DE PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO**

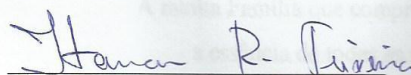
Por

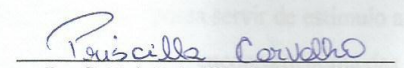
Suzana Maria Loures de Oliveira Marcionílio

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de
MESTRE EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Aprovada em: 28/02/2013


Prof. Dr. João Carlos Nabout
Orientador
UEG / UnUCET


Prof. Dr. Itamar Rosa Teixeira
Membro
UEG / UnUCET


Prof.^a. Dr.^a. Priscilla de Carvalho
Membro
UFG / Instituto de Ciências Biológicas

DEDICATÓRIA:

À minha Família que compreende a minha ausência e é a essência de todas as minhas conquistas, são eles Alexander (Esposo), meus filhos (Thiago e Murilo), meus pais (Doraci e José), meus irmãos (Leidy e Fernando) e demais amigos (Colegas de trabalho, cunhados e sogro). E que essa busca do conhecimento possa servir de estímulo a todos os meus alunos que se encontram numa das fases mais importante de sua carreira profissional que é o Ensino Médio.

AGRADECIMENTOS

Esse espaço nos emociona, pois nos lembramos de cada etapa essencial à conclusão de tal trabalho e essencialmente de todas as pessoas que conheci e que foram fundamentais para o êxito do mesmo. Não esquecendo claro das pessoas que já estavam ao meu lado como os meus familiares no qual dedico todo essa conquista.

Primeiramente agradeço a Deus e Nossa Senhora Aparecida pela graça de poder todos os dias ver o nascer e pôr do sol com muita saúde e fé na certeza de que sempre conseguiremos o que buscamos e só será possível se eu estiver disposta de encarar desafios e superá-los.

Agradeço a Coordenação do PME A e especialmente a Eliete (PME A) pela atenção e cuidado desde o início do curso e ter sido a peça fundamental de colocar-me como orientanda de um mestre tão jovem e tão sábio que com certeza serei grata e terei como referência profissional por toda minha carreira que é você Professor Dr. João Carlos Nabout. Pois acredito que ser um pesquisador é necessário passar por todas as partes de planejamento de seu próprio trabalho e foi isto que você me ensinou o tempo todo, que eu seria responsável por todo meu projeto e sempre claro com sua majestosa supervisão. Agradeço-o de coração as oportunidades que me dispôs como as execuções de palestras, minicursos e participação em bancas de TCC's, pois foi através de você que tudo isso foi possível.

E também muito obrigada João, por nos apresentar e deixar fazermos junto (eu e Maria Tereza) um estágio de alto nível como foi o realizado no LAPIG (UFG, Goiânia). Onde mais uma vez encontramos profissionais de altíssima qualidade, mas claro, pessoas sérias e que encaram desafios e os solucionam através da busca incansável do conhecimento. Esse agradecimento se estende a toda equipe do LAPIG-UFG-GO através da pessoa do Professor Dr. Manuel Eduardo Ferreira e do Genival F. Rocha que nos ensinou como funcionam os softwares de geoprocessamento.

Muito obrigada e com certeza vocês são minha rede de contatos de grande potencial, os colegas daqui do PME A que através de uma conversa e outra sempre aprendendo algo essencial para o desenrolar de uma carreira de pesquisador, o meu agradecimento vai a todos em nome da Maria Tereza (irmã de Orientador), Flívia e Lorena por tamanha ajuda com software R.

Obrigada a toda equipe do BIOECOL em nome do Pedro e a Karine que sempre tiveram carinho e me socorriam as madrugadas quando o desespero me pegava no caso de não conseguir dominar algum software.

Não posso esquecer também de agradecer todos os docentes do PME A que de forma inigualável contribuíram para conclusão deste trabalho este agradecimento vai em nome da Professora Dra. Orlene Silva Costa que me acompanhou desde a graduação em Bacharel em Química Industrial (UEG) e que desde tal incentivava todos os discentes a atenção da pesquisa e publicações como itens fundamentais na carreira de um profissional pesquisador.

Enfim agradeço as entidades Secretaria de Educação do Estado de Goiás pela licença ao aprimoramento profissional concedida por dois anos e a FAPEG pela bolsa de estudos por 12 meses. Agradeço também ao CNPq (processo 563834/2010-2) e a FAPEG (AUX 31/10) pelo apoio financeiro para a realização do trabalho.

Espero que a conclusão deste trabalho seja o início de uma parceria profissional que possa vir a ser contemplada ao longo dos próximos anos, pois tenho a pretensão de ser Doutora e ainda trabalhar em sua equipe Dr. Nabout.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
1 INTRODUÇÃO GERAL	1
1.1 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	4
2 ARTIGO 1 - O estado da arte da literatura científica global sobre clorofila-a	6
RESUMO	6
ABSTRACT.....	7
2.1 INTRODUÇÃO	8
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	9
2.2.1 Coleta e quantificação da literatura	9
2.2.2 Análise dos dados	9
2.3 RESULTADOS e DISCUSSÃO.....	11
2.4 CONCLUSÃO.....	16
2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19
3 ARTIGO 2 - Determinantes locais e regionais da clorofila-a e índice de estado trófico em lagoas de uma planície de inundação do Brasil Central.....	24
RESUMO	24
ABSTRACT.....	25
3.1 INTRODUÇÃO.....	26
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	28
3.2.1 Área de estudo.....	28
3.2.2 Coleta de dados.....	29
3.3.2a Clorofila-a e Índice de Estado Trófico (IET).....	29
3.3.2b Variáveis locais, regionais e espaciais.....	29
3.3.3 Análise dos dados	31
3.4 RESULTADOS e DISCUSSÃO.....	32
3.5 CONCLUSÃO.....	37
3.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40
4 CONCLUSÕES GERAIS.....	44
ANEXO	45

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1: Resultado dos 31 modelos gerados para identificar o fator socioeconômico que melhor explica a região de estudo com clorofila-a	14
TABELA 2: Seleção de modelos evidenciando para cada variável utilizada, a importância, o coeficiente de regressão padronizado considerando todos os modelos e o coeficiente de regressão padronizado considerando somente o melhor modelo	15
TABELA 3: Estatística descritiva das variáveis investigadas no presente estudo, indicando a média e o Coeficiente de Variação (%)	32
TABELA 4: Importância indicada pelo Coeficiente de determinação (R^2), significância e coeficiente angular de cada variável local que explica a clorofila-a nas lagoas marginais do Rio Araguaia. Valores de R^2 da regressão linear onde a variável resposta é a Chl-a	36
TABELA 5: Importância indicada pelo Coeficiente de determinação (R^2), significância e coeficiente angular de cada variável local que explica o IET nas lagoas marginais do Rio Araguaia	36

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1: Tendência temporal no número de artigos publicados por ano entre o período de 1990 a 2011	11
FIGURA 2: Principais revistas que publicam sobre clorofila-a	12
FIGURA 3: Países ou regiões onde foram realizados os estudos sobre clorofila-a	13
FIGURA 4: Mapa da área de estudo	28
FIGURA 5: Padrão espacial da Chl-a indicando as classes significativas (caixa aberta)....	33
FIGURA 6: Padrão espacial do IET indicando as classes significativas (caixa aberta)....	34
FIGURA 7: Diagrama de Venn demonstrando os componentes parciais da regressão múltipla que explicam a Chl-a nas lagoas de inundação do rio Araguaia. As letras indicadas na figura estão descrito no item material e métodos.* indica os componentes significativos (P<0.05)	35
FIGURA 8: Diagrama de Venn demonstrando os componentes parciais da regressão múltipla das variáveis explanatórias locais do IET nas lagoas de inundação do rio Araguaia. As letras indicadas na figura estão descrito no item material e métodos.* indica os componentes significativos (P<0.05)	35

RESUMO

Este trabalho traz duas abordagens diferentes envolvendo a variável Chl-a onde mostrou através de uma análise cienciométrica o crescente número de estudos com a mesma, principalmente frente aos monitoramentos de ambientes aquáticos marinhos e de água doce. Dentro deste enfoque buscamos os preditores da variável Chl-a e IET em ambientes aquáticos continentais de áreas alagáveis para a região Centro-Oeste. É importante salientar que essa predição não se deu por análise isolada, mas sim combinada com parâmetros levantados de uso do solo com a técnica de sensoriamento remoto; variáveis climáticas e morfométricas para tais ambientes. Através da análise estatística multivariada (i.e regressão múltipla e regressão múltipla com partição de variância) foi possível determinar os preditores de Chl-a e IET para estes ambientes. As lagoas são marginais ao longo de 530 km do Rio Araguaia, entre os parâmetros analisados apenas as variáveis pH e OD foram estatisticamente preditoras das variáveis respostas (i.e pH prediz Chl-a ; pH e OD prediz IET). O uso da Chl-a neste trabalho foi baseado no crescente uso da mesma para ambientes aquáticos e pelo fato de ser determinante do IET para tais ambientes. O parâmetro pH mostrou o enriquecimento de nutrientes pela introdução de material alóctone controlando em última análise o comportamento das variáveis respostas Chl-a e IET ,pois em ambientes com entrada de matéria orgânica percebe se baixos valores de pH com altas concentrações de Chl-a e OD devido o processo de fotossíntese e aumento do processo de eutrofização. Deixamos aqui uma tendência de pesquisa para gestão de Recursos hídricos onde houve a combinação de levantamento quantitativo da área do conhecimento com estudo exploratório sendo possível obter um padrão espacial dos parâmetros ambientais Chl-a e IET. Este traz contribuição para diversos outros estudos exploratórios com variação de sazonalidade, levantamentos de outros parâmetros limnológicos (i.e CO₂ disponível no ambiente), influencias de dados hidrológicos e climáticos que possam predizer a complexa biota que está presente em lagoas de planície de inundação através da análise da produção primária e perspectiva de saneamento de lagoas de planície de inundação de clima tropical.

Palavras-chave: cienciométrica, preditores, limnologia, recursos hídricos.

ABSTRACT

This paper presents two different approaches involving the variable Chl where it showed through a scientometric analysis the growing number of studies with the same, especially when considering the monitoring of aquatic marine and freshwater. Within this approach we seek predictors of variable Chl-a and IET in freshwater ecosystems of wetlands for the Midwest region. Importantly, this prediction did not take isolated analysis, but combined with parameters collected land use with remote sensing technique; morphometric and climatic variables for such environments. Through multivariate statistical analysis (ie multiple regression and multiple regression to partition the variance) were unable to determine the predictors of Chl-a and EIT for these environments. The lagoons are marginal along 530 km of the Araguaia River, among the parameters analyzed only the variables pH and DO were statistically predictive of response variables (ie pH predicts Chl-a, pH and DO predicts EIT). The use of Chl-a in this study was based on the growing use of the same for aquatic environments and the fact that the EIT be decisive for such environments. The parameter pH showed nutrient enrichment by introducing material allochthonous ultimately controlling the behavior of the response variables and Chl-EIT, as in environments with organic matter input realizes if low pH with high concentrations of Chl-a and OD because the process of photosynthesis and increase the eutrophication process. We leave here a tendency to search for water resources management where there was a combination of quantitative survey area with knowledge exploratory study is possible to obtain a spatial pattern of environmental parameters and Chl-the EIT. This contribution brings several other exploratory studies with seasonal variation, surveys of other limnological parameters (ie CO₂ available in the environment), influences of climatic and hydrological data that can predict the complex biota that is present in ponds through the floodplain analysis primary production and sanitation perspective of floodplain lakes of tropical climate.

Keywords: scientometrics, predictors, limnology, water research.

1- INTRODUÇÃO GERAL

A clorofila é um pigmento verde comum em todas as células fotossintéticas de organismos autotróficos, de ambientes aquáticos ou terrestres sendo detectado pela absorção do comprimento de onda na faixa de 685nm. Assim, a determinação do pigmento fotossintético clorofila-a (Chl-a) tem sido utilizada amplamente em diversas áreas da ciência (e.g. ecologia, ciências ambientais, geoprocessamento). No enfoque da limnologia a biomassa da comunidade fitoplanctônica pode ser expressa em termos de concentração do pigmento fotossintetizante clorofila-a (Chl-a) (VOLLENWEIDER, 1974; WETZEL, 2001; ESTEVES, 2011). A sua utilização em trabalhos sobre condições de qualidade de águas superficiais é premissa de que é uma variável simples de ser detectada e está correlacionada a diversas outras variáveis físico-químicas e biológicas de um corpo hídrico (HAKANSON et al., 2007; HUO et al., 2012; GUAN et al., 2011).

Em outra interface a Chl-a é um bom indicativo do processo de eutrofização em análise conjunta ao enriquecimento do ambiente com os nutrientes. O aumento de Chl-a e o surgimento de eutrofização pode ser influenciado pelo uso do solo, fertilizantes e pesticidas ou ainda por componentes ambientais locais tais como fósforo total, nitrogênio total, DQO, pH, condutividade elétrica (FERRARREZE, 2012).

A análise da literatura global sobre Chl-a fornece o diagnóstico do uso deste pigmento nas pesquisas globais, tornando suporte para a exploração deste tema para estudos em ecossistemas aquáticos continentais frente às mudanças climáticas globais e experimentais. A Chl-a nos ambientes aquáticos está susceptível as alterações físico-química da água em consequência principalmente de entradas de nutrientes carreados por escoamento superficiais dos solos adjacentes (i.e pastagem e agricultura), efluentes urbanos e industriais e o próprio metabolismo do lago (BUCK et al., 2004). Desta forma, a Chl-a pode ser predita pelo uso acentuado do solo ao longo do corpo aquático, variáveis físico-químicas e climáticas como temperatura e pluviosidade (ESTEVES, 2011).

As planícies de inundação são definidas como áreas inundadas periodicamente pelo transbordamento lateral de rios ou lagos na época de cheias e que possuem contato direto entre os ambientes terrestres e aquáticos (JUNK et al.,1989). Relacionado a essa variação do nível de água as lagoas inseridas na planície de inundação apresentam uma grande heterogeneidade de habitats aquáticos sendo corroborado por diversos estudos entre eles o de

Nabout et al., 2007 que estudou a diversidade da comunidade fitoplânctonica na planície de inundação do Médio Araguaia e Junk et al., 2002 realizou estudos voltados para análise da produção primária e secundária que ocorre nas planícies de inundação do Rio Amazonas e Mississipi . Os estudos voltados para lagoas de planície de inundação têm sido relatados por diversos autores como Junk, 1999; Carvalho et al., 2003; Rocha et al., 2009; Nabout et al., 2007; Affonso et al., 2011.

Quanto às características limnológicas estas lagoas apresentam similaridade com o rio conectado além de serem fortemente afetadas pela sazonalidade, uso da terra, clima e características morfométricas (JUNK; WANTZEN, 2006; THOMAZ et al., 2007; NOVO et al., 2011).

O Rio Araguaia está inserido na Bacia Araguaia-Tocantins que é caracterizada como uma Bacia de grande importância para o sistema fluvial da América do Sul com sua área de drenagem cobrindo ao Norte parte da floresta Amazônica e ao Sul o Cerrado (LATRUBESSE; STEVAUX, 2006). Essa planície aluvial tem sofrido consequências drásticas em seus corpos hídricos (lagos e lagoas) devido suas dinâmicas de águas são vulneráveis a entrada de sedimentos oriundos da alta bacia (LATRUBESSE; PRADO, 2006).

Dentro dessa abordagem estudo que identifica determinantes de chl-a (produção primária) e o estado trófico destes ambientes se tornam indispensáveis para as políticas de gestão em Recursos hídricos e gestão de desenvolvimento regional. Para tal esta pesquisa traz os resultados da importância da chl-a numa escala global e dentro do âmbito de ambiente aquático tropical mostra as variáveis explanatórias predictoras da chl-a e o estado trófico numa escala espacial.

Nesse contexto o objetivo geral do presente trabalho foi avaliar a tendência temporal dos estudos sobre Clorofila-a em uma escala global e ainda usando dados obtidos em lagoas de inundação do Brasil Central, investigar os determinantes locais e regionais da Chl-a e do estado tróficos das lagoas marginais. Afim de que, esses resultados possam ser utilizados em políticas de gestão ambiental e desenvolvimentos regionais na Bacia hidrográfica Araguaia-Tocantins.

Para o desenvolvimento desse objetivo o presente trabalho está dividido em dois artigos: No primeiro artigo foi realizada uma análise cienciométrica para conhecer o estado da arte da literatura científica global sobre Clorofila-a. Essa primeira abordagem teve como objetivo realizar uma ampla pesquisa (i.e. cienciométrica) sobre o pigmento fotossintetizante clorofila- a ao longo de 21 anos (1990-2011), com o intuito de responder as seguintes perguntas: i) Qual a tendência temporal no número de estudos sobre Chl-a? ii) Quais as

revistas que mais publicaram sobre Chl-a? iii) Em que escala e ambientes foram realizados os estudos com essa variável? iv) Quais os países e regiões onde se realizam estes estudos? v) Que fatores determinam a produção científica dos países que publicaram sobre Chl-a? Esse trabalho será submetido ao periódico *Sciencometrics*.

O segundo artigo desta dissertação teve o objetivo principal de determinar a importância relativa de componentes locais (i.e. variáveis limnológicas e morfométrica), regionais (variáveis de uso do solo) e espaciais na concentração de Clorofila-a e índice de estado trófico de lagoas da planície de inundação do Brasil Central. Esse artigo será enviado para o periódico "Freshwater Biology".

1.1- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFFONSO, A.G; QUEIROZ, H.L; NOVO, E.M.L. de M. de. Limnological characterization of floodplain lakes in Mamirauá Sustainable Development Reserve, Central Amazon (Amazonas State, Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, Rio Claro v. 23, n.1, p. 95-108, 2011.

BUCK, O.; NIYOGI, D. K.; TOWNSEND, C. R. Scale dependence of land use effects on water quality of streams in agricultural catchments. **Environmental Pollution**, Nova Zelândia, v.2, n.130, p.287–299, 2004.

CARVALHO, P.; BINI, L.M; THOMAZ, S.M; OLIVEIRA, L.G. ROBERTSON, B. TAVECHIO, W.L.G. DARWISCHI, A.J. Comparative limnology of South American floodplain lakes and lagoons. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 2, p. 265-273, 2001.

CARVALHO, P; THOMAZ, S.M; BINI, L.M. Effects of water level, abiotic and biotic factors on bacterioplankton abundance in lagoons of a tropical floodplain (Paraná River, Brazil). **Hydrobiologia** (The Hague. Print), Bélgica, v. 510, n.1-3, p. 67-74, 2003.

ESTEVEZ, F. de A. **Fundamentos de limnologia**. 3ª edição. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2011. 790p.

FERRAREZE, M. The effect of the land use on phytoplankton assemblages of a Cerrado stream (Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, Rio Claro, v. 24, n.1, p. 43-51, 2012.

GUAN, D; GAO, Da-Wen; REN, Nan-Qi. Multivariate analysis between chlorophyll-a and coupling of environmental factors in Chaohu Lake Harbin Gongye Daxue Xuebao (**Journal of Harbin Institute of Technology**) [**Harbin Gongye Daxue Xuebao (J. Harbin Inst. Technol.)**], China, v. 43, n.12, p. 68-71, 2011.

HAKANSON L, BRYHN AC, HYTTEBORN, JK. On the issue of limiting nutrient and predictions of cyanobacteria in aquatic systems. **Science of the Total Environment**, v.379, n.1 p.89-108, 2007.

HUO, S.; ZAN, F.; CHEN, Q.; XI, B.; SU, J.; JI, D. ; XU, Q. Determining reference conditions for nutrients, chlorophyll a and Secchi depth in Yungui Plateau ecoregion lakes, China. **Water and Environment Journal**, v.26, n.3, p. 324–334. 2012. DOI: 10.1111/j.1747-6593.2011.00292.x

JUNK W.J. Flood tolerance and tree distribution in central Amazonian floodplains. In: L. B. Holm-Nielsen, I.C. Nielsen & H. Balslev eds. Tropical forests: Botanical dynamics, speciation and diversity. **Anais...** London, Academic Press, 1989, p.47-64.

JUNK, W. J. The flood pulse concept of large rivers: learning from the tropics. **Archiv für Hydrobiologie. Supplementband. Large rivers**, v. 11, n. 3, p. 261-280, 1999.

JUNK, W.J. Long-term environmental trends and the future of tropical wetlands. **Environmental Conservation**, v. 29, n. 4, p. 414-435, 2002.

JUNK, W. J. ; WANTZEN, K. M. . Flood pulsing and the development and maintenance of biodiversity in floodplains. In: Batzer, D.P. and Sharitz, R .R.. (Org.). Ecology of freshwater and estuarine wetlands. Ecology of freshwater and estuarine wetlands. **Anais...**London: University of California Press, 2006, p. 407-435.

LATRUBESSE, E. M; PRADO, R. Avaliação das mudanças no canal do rio araguaia através de dados geomorfológicos semi-quantitativos e sua relação com o desmatamento do Cerrado. **Revista brasileira de geomorfologia**, v.6, n.2, p.1-28, 2006.

LATRUBESSE, E.M.; STEVAUX, J.C. Características físico-bióticas e problemas ambientais associados à planície aluvial do Rio Araguaia, Brasil Central. **Revista UnG Geociências**, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 65-73, 2006.

NABOUT, JC., NOGUEIRA, IS., OLIVEIRA, LG. and MORAIS, RR. Phytoplankton diversity (alpha, beta, and gamma) from the Araguaia River tropical floodplain lakes (central Brazil). **Hydrobiologia**, v. 557, n.1 , p. 455-461, 2007.

ROCHA, R.R.A.;THOMAZ, S.M.; CARVALHO, P.;GOMESs, L.C. Modeling chlorophyll-a and dissolved oxygen concentration in tropical floodplain lakes (Paraná River, Brazil). **Braz. J. Biol.**, São Carlos,v.69, n.2, suplemento: p. 491-500, 2009.

THOMAZ, S.M., BINI, L.M.; BOZELLI, R.L.Floods increase similarity among aquatic habitats in river-floodplain systems. **Hydrobiologia**, v. 579, n.1, p. 1-13, 2007.

VOLLENWEIDER RA. **A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments**. 2° ed. Blackwell Scientific Publishers (IBP 12), Oxford, 1974, 225 p.

WETZEL, R. G. **Limnology: Lake and River Ecosystems**. Academic Press, San Diego, 2001, 1006 p.

2 ARTIGO 1

O estado da arte da literatura científica global sobre Clorofila-a

Suzana Maria Loures de O.Marcionilio¹, Maria Tereza Ribeiro Alves¹, Pedro Paulino Borges², Karine Borges Machado², João Carlos Nabout¹.

¹ Programa de Mestrado em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, GO, Brasil

² Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológica – UnUCET, Universidade Estadual de Goiás – UEG, Anápolis, GO, Brasil.

RESUMO: A clorofila é um pigmento verde, comum em todas as células fotossintéticas de organismos autotróficos, de ambientes aquáticos ou terrestres. As técnicas mais utilizadas para quantificar esse pigmento são a fluorescência, a espectrofotometria de UV, a cromatografia HPLC e o uso de sensores remotos. Assim, a determinação do pigmento fotossintético clorofila-a (Chl-a), tem sido utilizada amplamente em diversas áreas da ciência (e.g. ecologia, ciências ambientais, geoprocessamento). O objetivo deste trabalho foi investigar o estado da arte da literatura científica para o pigmento fotossintetizante clorofila-a, determinando os países de estudo, bem com as variáveis determinantes da produção científica das nações, e ainda, os ambientes estudados, a escala geográfica e as revistas. Para obter tais informações realizou-se um estudo cienciométrico, a partir da base de dados *Scopus*, numa escala temporal de 21 anos (entre 1990 e 2011). Os padrões encontrados para as pesquisas com Chl-a são o aumento temporal de publicações ($r = 0,84$ e $p=0,000001$), a diversidade de revistas que publicaram sobre o tema (160 revistas), predomínio de estudos com abordagens descritivas realizados em ambientes aquáticos e marinhos e estudos em escala geográfica regional. A China apresentou 21,64% como local de estudo dos artigos publicados e o EUA é o país com o maior número de publicações sobre este assunto (19,52% do total de artigos publicados). Utilizando o critério de seleção de modelos de Akaike observou-se que as publicações são impulsionadas pelo fator socioeconômico PIB. Este estudo satisfaz a visão global sobre Chl-a deixando um diagnóstico do uso deste pigmento nas pesquisas globais e tornando suporte para a exploração deste tema para estudos em ecossistemas aquáticos continentais frente às mudanças climáticas globais e experimentais.

Palavras-Chave: Pigmento Fotossintetizante; Cienciométrica; Água; Biomassa Fitoplanctônica.

ABSTRACT: Chlorophyll is a green pigment common to all photosynthetic cells of organisms' autotrophy in aquatic environments or terrestrials. Techniques used to quantify this pigment are UV spectrophotometer, chromatography, HPLC, using remote sensors. Thus, determination of the photosynthetic pigment chlorophyll- a (Chl-a), has been used widely in many areas of science (e.g.: ecology, environmental science, GIS). The objective of this study was to investigate the state of the art of global scientific literature for photosynthetic pigment chlorophyll a (Chla), determining the study countries, study approach, as well as also studied environments and scale geographic. Data was obtained from Scopus database on a timescale of 21 years (between 1990 and 2011). The patterns found in searches with Chl-a are the temporal increase of publications ($r = 0.84$ and $p < 0,001$), there are different journals that publish (160 journals) and major paper publish has multidisciplinary character, predominance of descriptive approaches with studies conducted in aquatic and marine studies at regional geographic scale. The country with the highest number of publications was China (21.64% of total paper; local of study), and USA presented highest number the authors (19.52% of total papers). The mainly determinate of publications was socioeconomic factor (according model selection criteria; AIC). This study satisfies the global vision of the Chl leaving a diagnosis of the use of this pigment in the polls and making global support for the exploration of this theme for studies in freshwater ecosystems to climate change and global experimental.

Key Words: Photosynthetic Pigment; Scientometrics; Water; Phytoplankton Biomass.

2.1 INTRODUÇÃO

O termo clorofila (Chl-a) foi proposto por Pelletier e Caventou, em 1818, para designar a substância verde que se podia extrair das folhas com o auxílio de solventes orgânicos (LLOYD e TUCKER, 2007). A Chl-a é um pigmento que tem a característica de capturar fótons (pigmento-antena), sendo este presente em plantas e todos os seres vivos que realizam fotossíntese (BJORN et al., 2009).

Os estudos voltados para quantificar Chl-a tem sido uma ferramenta em diversas áreas do conhecimento como em bioenergia (SKJANES et al., 2007), biotecnologia (SCHOEFS, 2002), botânica (THOMAS, 2001), ecotoxicologia (PEREZ et al., 2008; SUBASHCHANDRABOSE et al., 2011; RIAÑO et al., 2012), ecologia aquática marinha (HAWES, 2012; THOMAS et al., 2001), limnologia (WETZEL, 2001; HUO et al., 2012; GUAN et al., 2012), sensoriamento Remoto (NOVOA et al., 2011; GURLIN et al., 2011), agricultura (KRAUSE et al., 2010; JARAMILLO et al., 2012).

Diante do amplo uso e pesquisa da Chl-a, é altamente relevante investigar as tendências de pesquisa que envolve este pigmento fotossintético, procurando compreender as tendências e vieses dos estudos que utilizaram Chl-a. Essa investigação pode ser feita utilizando-se de técnicas cienciométricas para quantificar as produções científicas de uma determinada área (MACIAS-CHAPULA, 1998; VANTI, 2002) e caracterizar quantitativamente os trabalhos com esse enfoque.

Diversas áreas do conhecimento realizam trabalhos cienciométricos para diagnosticar as tendências da literatura científica, como por exemplo, trabalhos sobre ecologia (PINTO et al., 2002; MELO et al., 2006; BINI et al., 2005; FAZEY et al., 2005), mudanças climáticas (STANHILL, 2001; NABOUT et al., 2012), grupos de organismos (NABOUT et al., 2009, CARNEIRO et al., 2008; PADIAL et al., 2008) e estudos genéticos (QUIXABEIRA et al., 2010).

Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo realizar uma ampla pesquisa (i.e. cienciométrica) sobre o pigmento fotossintetizante clorofila-a ao longo de 21 anos (1990-2011), com o intuito de responder as seguintes perguntas: i) Qual a tendência temporal no número de estudos sobre Chl-a? ii) Quais as revistas que mais publicaram sobre Chl-a? iii) Em que escala e ambientes foram realizados os estudos com essa variável? iv) Quais os países e regiões onde se realizaram estes estudos? v) Que fatores determinam a produção científica dos países que publicaram sobre Chl-a?

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Coleta e quantificação da literatura

A literatura utilizada neste estudo foi obtida a partir da base de dados *Scopus*, uma base de dados multidisciplinar constituída por resumos de 27 milhões de artigos, referências e índices da literatura científica, técnica e médica (ELSEVIER, 2004). O acesso ocorreu pelo site <www.scopus.com> em março de 2012. Para a busca utilizou-se os termos "Chlorophyll a" ou "Chl-a" ou "Chlorophyll-a" ou "Chl a" no título dos artigos entre os períodos de 1990 e 2011. Para cada artigo foi identificado i) o ano de publicação ii) a revista de publicação iii) a escala geográfica do trabalho (local, regional, continental ou global) iv) a abordagem utilizada (teórico, descritivo ou experimental) v) a região ou país de estudo da pesquisa e do autor (nacionalidade) vi) o ambiente estudado (terrestre, marinho ou continental).

Em relação à abordagem utilizada (item iv) nos artigos o termo experimental foi destinado aos artigos que utiliza a variável Chl-a para desenvolver técnica em laboratório tais como, síntese de reações, cinética de reações e caracterização das propriedades físico-química da Chl-a, entre outros. Estudos teóricos se referem, em geral, a trabalhos de revisões e por fim, trabalhos descritivos são todos aqueles no qual houve pesquisa de campo e quantificação da Chl-a em laboratório.

2.2.2 Análise dos dados

A tendência na produção científica sobre Chl-a foi investigada por meio de uma correlação de Pearson ($P < 0,05$), no qual foram relacionados os números de artigos com o ano de publicação. Para investigar os determinantes da produção científica dos países (de pesquisa) foram gerados vários modelos e, esses foram comparados usando o Critério de Informação de Akaike (AIC) (BURNHAM e ANDERSON, 2002), no qual o melhor modelo foi aquele que apresentou o menor valor de AIC. Para essa análise foram considerados somente os países que foram áreas de estudo, ou seja, trabalhos que indicam regiões de estudos, como por exemplo, África, oceano Atlântico e outros, não foram incluídos na análise. Nos modelos, a variável resposta é o número de artigos por país e as variáveis explanatórias são: PIB (em dólares, obtido no sítio do Fundo Monetário Internacional para o ano de 2011), densidade demográfica (hab. km^{-2}), disponibilidade hídrica (m^3) e consumo de fertilizantes

(centenas de mg. hec^{-1}), dados obtidos no sítio da Organização das Nações Unidas (acesso em setembro de 2012), Índice de Desenvolvimento Humano (obtido no sítio do Programa da Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD, para o ano de 2011). A inclusão dessas variáveis foi realizada de acordo com a seguinte hipótese: O interesse pelos locais estudados (países) é positivamente influenciada pelo PIB, IDH, densidade demográfica, disponibilidade hídrica e consumo de fertilizantes. Utilizando o conjunto dessas variáveis foram gerados 31 modelos diferentes que foram comparados de acordo com o critério de seleção de modelos de AIC. O AIC tem sido uma ferramenta bastante utilizada na seleção melhores modelos em ecologia (ROCHA et al., 2009), sendo a análise feita utilizando o software SAM 4.0 (RANGEL et al., 2010).

2.3 RESULTADOS e DISCUSSÃO

Entre o período de 1990 a 2011 foi encontrado um total de 2157 artigos referentes ao estudo de Chl-a. Temporalmente, o número de artigos sobre esse tema tem aumentado ao longo dos anos ($r = 0,84$ e $p = 0,000001$), sendo que na última década do século XX, no ano de 1998, houve o maior número de publicações e, na segunda década deste século (XXI), o ano de 2011 apresentou maior número de artigos (Figura 1).

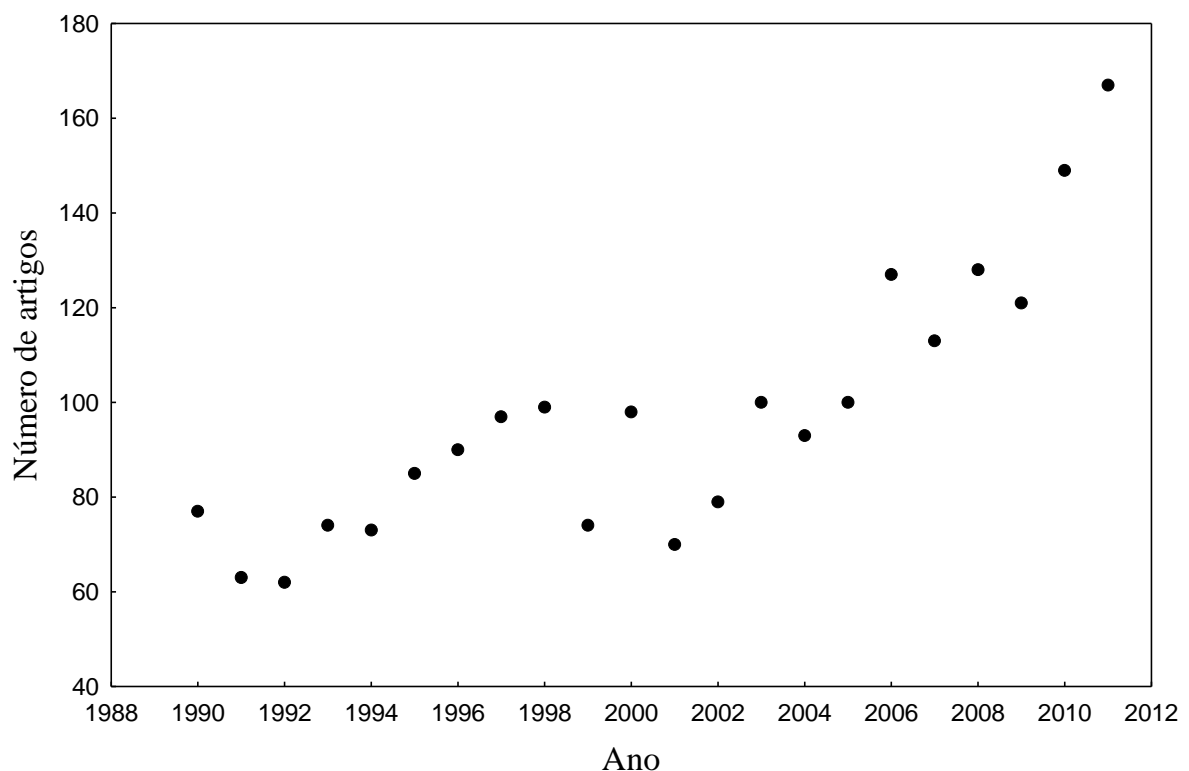


FIGURA 1- Tendência temporal no número de artigos publicados por ano entre o período de 1990 a 2011.

Nossos resultados cientométricos mostraram que ao longo de 21 anos as publicações com Chl-a foram crescente o que é também encontrado por outros trabalhos cientométricos como de estudos de fitoplâncton (CARNEIRO et al., 2008), população de macrófitas (PADIAL et al., 2008), Ecologia de populações (LIMA-RIBEIRO et al., 2007) e estudos de genética com o uso da citometria de fluxo (QUIXABEIRA et al., 2010).

Este aumento no número de publicações provavel está relacionado ao uso de microorganismos (algas) na busca de domínio de técnicas em biotecnologia (SHEEHAN, 1998; GROBBELAAR, 2010), as pesquisas realizadas em laboratório como a cinética das

reações (PRUZINKÁ et al., 2003; WANG et al., 2011), avaliação das propriedades físico-química da Chl-a sob diversas condições de tratamento (CARBONERA et al., 2012; FERNANDEZ-JARAMILLO et al., 2012), o uso na medicina (BRITTON, 1995; SCHOEFS, 2002) a preocupação com o uso sustentável do meio ambiente onde esta é uma variável de monitoramento (THOMAS et al., 2001; LUGOLI et al., 2012; NOVO et al., 2011) e também a característica deste pigmento fotossintetizante ter a propriedade óptica frente ao uso de sensores ópticos hiperespectrais a bordo de satélites, facilitando a obtenção de dados numa escala temporal e espacial (NOVOA et al., 2011; GURLIN et al., 2011).

As publicações das pesquisas com Chl-a se deram em diversos periódicos (total de 160) destas, apenas 20 revistas publicaram 44,01% do total de artigos (Figura 2).

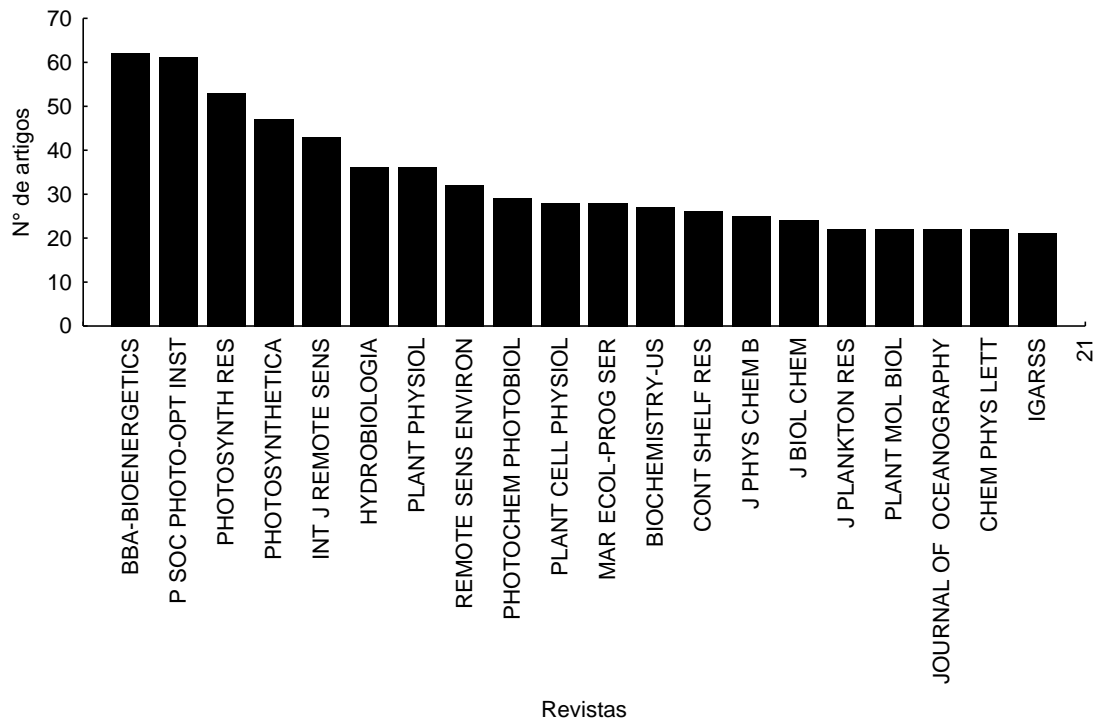


FIGURA 2- Principais revistas que publicam sobre o tema Clorofila-a.

As maiores publicações ocorreram em periódicos relacionados a temas multidisciplinares e com elevado fator de impacto sendo eles: Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Bioenergetics com 4,09% (62 artigos) com fator de impacto de 4,485 (2011). O periódico P Soc Photo-Opt Inst com 4,03% (61 artigos) que apresenta diversos periódicos indexados e representa a Sociedade Internacional de óptica e fotônica, tendo o fator de impacto variando de 0,818 a 3,157 em função de cada periódico indexado e o periódico Photosynth Res que publica temas voltados à fotossíntese com fator de impacto de 3,243

publicou 3,5% dos trabalhos (53 artigos) e o periódico *Photosynthetica* com 3,1% (47 artigos). A revista retrata o contexto em que se insere o campo do conhecimento em avaliação (MACIAS-CHAPULA, 1998; LIMA-RIBEIRO et al., 2007) sendo que o maior número de artigos de Chl-a se encontram na revista que trata de assuntos fotossintéticos.

Os resultados indicaram ainda que a maioria dos estudos foram descritivos, com um total de 1144 artigos (53%). Os experimentais totalizaram 703 trabalhos (32,6%) e os estudos teóricos com 184 artigos (8,5%). A maioria dos trabalhos com chl-a são descritivos pois a mesma é variável que mede indiretamente a biomassa fitoplanctônica, o NDVI de uma área de vegetação, parâmetros de qualidade de água em Limnologia e todos esses estudos são de caráter empíricos onde a realização de pesquisa de campo é imprescindível (GARMENDIA et al., 2011; ZHENGXING et al., 2003).

Em diversas áreas da ciência, grande parte dos trabalhos são descritivos (LIMA-RIBEIRO et al., 2007; CARNEIRO et al., 2008), principalmente em área com corpo teórico bem definido e que se tem avançado em aperfeiçoamento de novas técnicas, como é o caso de estudo sobre Chl-a. No entanto, em uma revisão da literatura científica de mudanças climáticas, a maioria dos trabalhos são teóricos (NABOUT et al., 2012). O tema mudanças climáticas é recente na literatura e tem passado por constantes discussões, que vão desde os métodos para previsão até estimativas de impactos. Portanto nesses casos os trabalhos devem ser frequentemente teóricos.

Com relação aos ambientes de estudos, o ambiente marinho é o que predomina com 25,03% dos artigos (540 artigos), enquanto que os de águas continentais representam 17,1% dos trabalhos (369 artigos) e os de ambientes terrestres 24% (522 artigos). Os estudos de ecologia aquática representaram 42,1% dos trabalhos. A predominância de estudos sobre Chl-a em ambientes marinhos possivelmente deve-se a ampla disponibilidade de oceanos na Terra. De fato, os oceanos tem uma extensão de 70% da superfície da terra com um papel fundamental no equilíbrio ecológico do planeta.

Além disso, os oceanos, e principalmente as regiões costeiras possuem em suspensão a comunidade fitoplanctônica que apresenta como marcador de sua biomassa o pigmento fotossintetizante Chl-a (GOWER; KING, 2012). Nos mares a estimativa da biomassa fitoplanctônica tem diversas aplicações, desde estimativas em manejo de aquiculturas (WILD-ALLEN et al., 2011), monitoramentos utilizando imagens de satélite (NOVOA et al., 2011; GURLIN et al., 2011) e previsão de florações de algas (ZHANG et al., 2011).

Além do ambiente marinho a Chl-a é uma variável explanatória de águas continentais sendo estas utilizadas como parâmetro de monitoramento, quantificação de espécies

fitossintetizantes, avaliação da qualidade e detecção da poluição de corpos hídricos. Através de estudos limnológicos (GUAN et al., 2012) e com uso de técnicas como sensoriamento remoto conforme estudo de Sváb et al. (2005) para tais ambientes.

Quanto às escalas geográficas 33,9% dos trabalhos sobre Chl-a são voltados para escala local, 22% dos estudos ocorrem em escala regional e 11,6 % em escala continental e global. Quanto à nacionalidade dos primeiros autores, a maioria das publicações é de estadunidenses com 19,52% das publicações (421 artigos), seguidos de chineses com 13,86% (299 artigos) e japoneses com 11,21% das publicações (242 artigos). O predomínio de autores dos EUA tem sido reportado em diversos trabalhos como (CARNEIRO et al., 2008; NABOUT et al., 2010; FAZEY et al., 2005). Parte disso deve-se ao maior investimento em infraestrutura e pesquisa (MUGNAINI et al., 2004; JAPPE, 2007).

No entanto, considerando a área de estudo, o país com maior número de artigos é a China com 21,64% dos trabalhos (179 artigos), seguido dos Estados Unidos com 9,79% (81 artigos) e do Japão com 4,9% (41 artigos) (Figura 3). Esse resultado indica a parceria entre países (p.ex. China e EUA), no qual apesar da maioria dos trabalhos serem de autores dos EUA, os estudos foram desenvolvidos na China, ou seja, possivelmente, os autores estadunidenses têm feito trabalhos na China, juntamente com autores chineses.

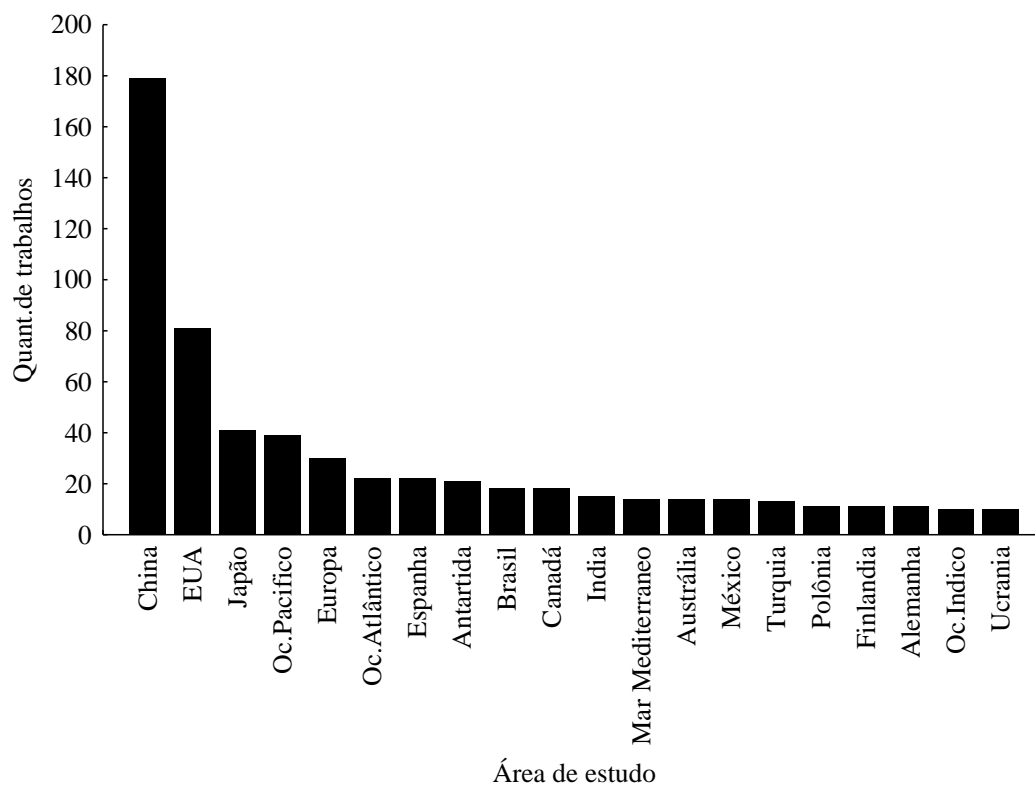


FIGURA 3- Países ou regiões onde foram realizados os estudos sobre Clorofila-a.

Quanto aos modelos gerados pelo Critério de Akaike, observou-se que cinco deles foram classificados como melhores modelos ($\Delta AIC < 2$). Nesses modelos, todas as variáveis estiveram presentes. A variável PIB (R) esteve presente em todos os modelos, além disso, o melhor modelo ($\Delta AIC = 0$) é composto exclusivamente por essa variável. De acordo com o coeficiente de determinação o número de artigos desenvolvidos em determinado país é fortemente explicado pelo PIB desse ($R^2 = 0,66$) (Tabela 1).

TABELA 1- Resultado dos 31 modelos gerados para identificar o fator socioeconômico que melhor explica a região de estudo com Clorofila-a.

Variáveis*	R ²	AIC	Delta AIC
R	0,662	10,537	0
R,I	0,669	11,813	1,275
R,F	0,667	12,129	1,592
D,R	0,666	12,206	1,668
R,W	0,666	12,241	1,703
D,R,I	0,677	12,933	2,396
R,W,I	0,676	12,975	2,437
R,W,F	0,672	13,775	3,237
D,R,F	0,67	13,979	3,442
R,F,I	0,67	14,083	3,546
D,R,W	0,668	14,411	3,873
D,R,W,I	0,68	14,945	4,407
R,W,F,I	0,677	15,387	4,849
D,R,F,I	0,677	15,453	4,916
D,R,W, F	0,673	16,152	5,615
D, R,W, F, I	0,68	17,562	7,024
I	0,104	63,213	52,676
D,I	0,109	65,23	54,693
W,I	0,106	65,42	54,882
F,I	0,104	65,548	55,01
F	0,035	67,213	56,675
D,W,F	0,116	67,233	56,696
D,F,I	0,109	67,653	57,116
W,F,I	0,106	67,85	57,312
W	0,018	68,166	57,629
W,F	0,048	68,832	58,294
D	<.001	69,136	58,599
D,F	0,035	69,546	59,009
D,W,F,I	0,117	69,751	59,213
D,W	0,024	70,162	59,624
D,W,F	0,05	71,119	60,581

* Variáveis: Densidade Demográfica (hab. km⁻²) (D); PIB (milhões de dólares) (R); disponibilidade hídrica (W); consumo de fertilizantes (F); IDH (I).

Apesar da importância das parcerias para o aumento da produção científica, este trabalho evidenciou que o PIB é a principal variável para explicar a produção científica das nações (quanto ao local de estudo), uma vez que esse indicador expressa a soma das riquezas geradas pelo conjunto dos mais diversos setores no país. Estes por sua vez são impulsionados pelo desenvolvimento tecnológico e se apoiam no desenvolvimento científico.

Através dessa análise foi possível verificar que o PIB apresentou coeficiente angular positivo (i.e. $b = 0.476$), em outras palavras, países com maior número de estudos, são os países que apresentam maior PIB (Tabela 2).

TABELA 2- Seleção de modelos evidenciando para cada variável utilizada, a importância, o coeficiente de regressão padronizado considerando todos os modelos e o coeficiente de regressão padronizado considerando somente o melhor modelo.

Variável*	Importância	Coeficiente angular
D	0,29	-0,05
R	1	0,47
W	0,301	0,029
F	0,28	-0,035
I	0,358	-0,27

*Variáveis: Densidade Demográfica (hab. km⁻²) (D); PIB (milhões de dólares) (R); disponibilidade hídrica (W); consumo de fertilizantes (F); IDH (I).

Outra variável que influencia o número de artigos publicados foi à disponibilidade hídrica, no qual, países com maior número de estudos são aqueles que têm maior disponibilidade hídrica. Considerando as demais a produção científica dos países foi negativamente relacionada com a densidade demográfica, consumo de fertilizantes e IDH. Outros trabalhos tem demonstrado semelhante relação positiva entre as duas variáveis (PIB e número de artigos) como de Nabout et al., (2010) que aborda a literatura global de caranguejos UCA

2.5 CONCLUSÃO

Apesar do crescente aumento no número de artigos existem ainda diversas áreas de pesquisa/regiões que ainda carecem de estudos, como é o caso de estudos em ambientes aquáticos continentais e estudos experimentais. Os estudos em ambientes aquáticos continentais são importantes, pois favorecem o diagnóstico da qualidade e disponibilidade para diversos usos de um corpo hídrico. Já os estudos experimentais são relevantes para avaliar a importância da Chl-a sobre condições específicas, como por exemplo, as mudanças climáticas globais (KALAJI et al., 2011; BICUDO; BICUDO, 2008).

Diante da importância ambiental dessa variável recomendamos que estudos sejam realizados focando no impacto das mudanças climáticas globais sobre essa variável, com relevância evidenciada na existência de poucos estudos sobre mudanças climáticas em ambientes aquáticos (NABOUT et al., 2012).

2.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFFONSO, A.G; QUEIROZ, H.L; NOVO, E.M.L. de M. de. Limnological characterization of floodplain lakes in Mamirauá Sustainable Development Reserve, Central Amazon (Amazonas State, Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia** , Rio Claro, v. 23, n. 1, p. 95-108, 2011.
- BICUDO, C.E.M; BICUDO, D. Mudanças Climáticas Globais: Efeitos sobre as Águas Continentais Superficiais. In: BUCKERIDGE, M.S. **Biologia & Mudanças Climáticas no Brasil** . São Carlos: Rima Editora, v.1, cap.9, p.151-165, 2008.
- BINI, L.M.; DINIZ-FILHO, J.A.F.; CARVALHO, P.; PINTO, M.P.; RANGEL, T.F.L.V.B.; Lomborg and the litany of biodiversity crisis: what the peer review literature says. **Conserv Biol** , v. 19, n. 4, p. 1301-1305, 2005.
- BJORN ,L.O.; PAPAGEORGIOU, G.C.; BLANKENSHIP, R.E. A viewpoint: why chlorophyll a? **Photosynthesis research**, v. 99, n. 2, p. 85-98, 2009.
- BRITTON, G. UV/visible spectroscopy. **ChemInform**, v. 26, n. 32, p. 13-62, 1995.
- BURNHAM,K.P.;ANDERSON,D.R. **Model selection and multimodel inference: a practical informationtheoretic approach**. New York, Springer. 2002. 488p.
- CARBONERA, D.; GEROTTO, C.; POSOCCO, B.; GIACOMETTI, G.M.; MOROSINOTTO, T. NPQ. Activation reduces chlorophyll triplet state formation in the moss *Physcomitrella patens*. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Bioenergetics**. v.1817,n.9 p.1608-1615, 2012.
- CARNEIRO, F.M.; NABOUT, J.C.; BINI, L.M.; Trends in the scientific literature on phytoplankton. **Journal Limnology** .v. 9,n.2, p.153–158, 2008.
- ELSEVIER. **Scopus**. Amsterdam: Elsevier, Material publicitário, 2004.
- FAZEY I.; FISCHER J.; LINDENMAYER, D.B.; what do conservation biologists publish? **Biol Conserv**. v.124, n.1, p.63–73, 2005.
- FERNANDEZ-JARAMILLO, A.A; DUARTE-GALVAN, C.; CONTRERAS-MEDINA, L.M.; TORRES-PACHECO, I.; ROMERO-TRONCOSO, R.J.; GUEVARA-GONZALEZ, R.G.; MILLAN-ALMARAZ, J.R. Instrumentation in Developing Chlorophyll Fluorescence Biosensing : A review . **Sensors** , v.12, n.9, p.11853-11869, 2012.
- FMI. **Fundo Monetário Internacional**. Disponível em <http://www.imf.org.com>. Acesso em 8 setembro de 2012.
- GARMENDIA, M.; REVILLA,M.; BALD,J.; FRANCO,J.; MARTINEZ,A.L.; ORIVE,S.S.; VALENCIA,V.; BORJA,A. Phytoplankton communities and biomass size structure (fractionated chlorophyll “a”), along trophic gradients of the Basque coast (northern Spain). **Biogeochemistry**, v.106, n.2, p.243-263, 2011.

GOWER J, KING S. Global monitoring of plankton blooms using MERIS MCI. **Int. J. Remote Sens**, v.29, n.21, p.6209–6216, 2008.

GROBBELAAR, J.U. Microalgal biomass production: challenges and realities. **Photosynthesis Research** ,v.106, n.1-2, p.135-144, 2010.

GUAN,D.; GAO, Da-Wen;Ren, Nan-Qi. Multivariate analysis between chlorophyll-a and coupling of environmental factors in Chaohu Lake Harbin Gongye Daxue Xuebao (**Journal of Harbin Institute of Technology**) [**Harbin Gongye Daxue Xuebao (J. Harbin Inst. Technol.)**]. v. 43, n. 12, p. 68-71, 2012.

GURLIN, D.; GITELSON, A.A.; MOSES,W.J. Remote estimation of chl-*a* concentration in turbid productive waters - Return to a simple two-band NIR-red model? **Remote Sensing of Environment.**, v. 115, n.12, p.3479-3490, 2011.

HAWES, I.; LUND-HANSEN, L.C.; SORREL, B. K.; NIELSEN, M.H.; BORZÁK, R.; BUSS, I. Photobiology of sea ice algae during initial spring growth in Kangerlussuaq, West Greenland: insights from imaging variable chlorophyll fluorescence of ice cores. **Photosynthesis Research**; v.112, n.2, p. 103-115, 2012.

HUO, S.; ZAN, F.; CHEN, Q.; XI, B.;SU, J.; JI, D. ; XU, Q. Determining reference conditions for nutrients, chlorophyll a and Secchi depth in Yungui Plateau ecoregion lakes, China. **Water and Environment Journal**, v.26, n.3, p. 324–334, 2012. DOI: 10.1111/j.1747-6593.2011.00292.x

JAPPE, A.; Explaining international collaboration in global environmental change research. **Scientometrics** , v.71, n. 3, p.367–390, 2007.

KALAJI,H.M.;BOSA,K.;KOSCIELNIAK,J.;HOSSAIN,Z. Chlorophyll *a* Fluorescence—A Useful Tool for the Early Detection of Temperature Stress in Spring Barley (*Hordeum vulgare* L.). **OMICS: A Journal of Integrative Biology**, v.15, n. 12, p-925-934, 2011.

KRAUSE,G.H.; WINTER,K.; K, B.; JAHNS, P.; GARCIA,M.; ARANDA,J.; VIRGO, A. High-temperature tolerance of a tropical tree, *Ficus insipida*: methodological reassessment and climate change considerations. **Functional Plant Biology**, v. 3, n. 9, p. 890–900, 2010.

LIMA-RIBEIRO, M.de S.; NABOUT, J.C.; PINTO, M.P.; MOURA,I.O.de; MELO,T.L.de; COSTA,S.S.; RANGEL,T.L.V.V.de B.; Análise cienciométrica em ecologia de populações: importância e tendências dos últimos 60 anos. **Acta Sci. Biol. Sci.**, v. 29, n. 1, p. 39-47, 2007.

LLOYD,S.W.; TUCKER,C.S.; Comparison of Three Solvent Systems for Extraction of Chlorophyll *a* from Fish Pond Phytoplankton Communities. **Journal of the world aquaculture society**, v.19, n.2, p.36-40, 1988 E on line Article first published online: 2007, DOI: 10.1111/j.1749-7345.1988.tb01043.x

LUGOLI, F.; GARMENDIA, M.; LEHTINEN,S.; KAUPPILA,P.; MONCHEVA, S.; REVILLA, M.; ROSELLI,L.; SLABAKOVA, N.; VALENCIA,V.; DROMPH,K.M.; BASSET,A. Application of a new multi-metric phytoplankton index to the assessment of

ecological status in marine and transitional waters. **Ecological Indicators**, v.23, p.338-355, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bbr.2011.03.031>

MACIAS-CHAPULA, C.A. O papel da informetria e da cienciometria e sua perspectiva nacional e internacional. **Ci. Inf.**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 134-140, 1998.

MANTOURA, F.A.; JEFFREY, S.W.; LIEWELLYN, C.A.;CLAUSTRE, H.;MORALES, C.E.; Comparison between spectrophotometric, fluorometric and HPLC methods for chlorophyll analysis. In: Jeffrey, S.W.; Mantoura R.F.C. ;S.W. Wright (Eds.). **Phytoplankton pigments in oceanography**, UNESCO, Paris.v.1,cap.14, p. 361-380.1997.

MELO, A.S.; BINI, L.M.; CARVALHO, P.; Brazilian articles in international journals on Limnology. **Scientometrics**, v. 67, n. 2, p. 187– 199, 2006.

MUGNAINI, R. et al. Indicadores bibliométricos da produção científica brasileira: uma análise a partir da base Pascal. **Ci. Inf.**, Brasília, v. 33, n. 2, p. 123-131, 2004.

NABOUT JC, SIQUEIRA T, BINI LM, NOGUEIRA I de S. No evidence for environmental and spatial processes in structuring phytoplankton communities. **Acta Oecologica**, v.35, n.5, 720–726, 2009.

NABOUT, J. C.; BINI, L. M. ; DINIZ-FILHO JAF. Global literature of fiddler crabs, genus *Uca* (Decapoda, Ocypodidae): trends and future directions. **Iheringia**. Série Zoologia (Impresso),Porto Alegre, v.100, n.4, p. 463-468, 2010.

NABOUT, J.C.; CARVALHO, P.; PRADO, M.U.; BORGES, P.P.; MACHADO, K.B.; HADDAD, K.B.; MICHELAN, T.S.; CUNHA, H.F.; SOARES, T.N.; Trends and Biases in Global Climate Change Literature. **Brazilian Journal of Nature Conservation**, v. 10, n.1, p. 45-51, 2012.

NATIONMASTER.COM, Disponível em: <http://www.nationmaster.com>. Acesso em 08 de Setembro de 2012.

NOVOA, S.; CHUST,G.; VALENCIA,V.; FROIDEFOND, J.M.; MORICHON, D. Estimation of chlorophyll-*a* concentration in watersover the continental shelf of the Bay of Biscay: acomparison of remote sensing algorithms. **International Journal of Remote Sensing**, v. 32, n.23, p.8349-8371, 2011. DOI:10.1080/01431161.2010.540588

Organização das Nações Unidas. Acesso pelo site <<http://www.un.org/en>>. Acesso em setembro de 2012.

PADIAL, A.A.; BINI, L.M.; THOMAZ, S.M. The study of aquatic macrophytes in Neotropics: a scientometrical view of the main trends and gaps. **Braz. J. Biol.**, v. 68, n.4, p.1051-1059, 2008.

PELLETIER, P.J, CAVENTOU, J.B. Sur la matiere verte des feuilles. **Ann Chim Phys**, v. 9, n.2, p.194-196, 1818.

PEREZ, E. B.; PINA, I. C.; RODRIGUEZ, L. P. Kinetic model for growth of *Phaeodactylum tricoratum* in intensive culture photobioreactor. **Biochemical Engineering Journal**, v. 40, n. 3, p. 520-525, 2008.

PINTO, M.P.; BINI, L.M.; DINIZ-FILHO J.A.F.; Quantitative analysis of the influence of a new ecological paradigm: spatial autocorrelation (Análise quantitativa da influência de um novo paradigma ecológico: autocorrelação espacial). **Acta Sci**, v.25, n. 1, p.137–143, 2002.

PNUD. **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil**. Disponível em <http://www.pnud.org.br/atlas/>. Acesso em 5 de setembro de 2012.

PRUZINSKA, A.; TANNER, G.; ANDERS, I.; ROCA, M.; HÖRTENSTEINER, S. Chlorophyll breakdown: Pheophorbide a oxygenase is a rieke-type iron- sulfur protein, encoded by the accelerated cell death 1 gene. **Plant Biology**, v.100, n.25, 15259–15264, 2003.

QUIXABEIRA, V.B.L.; NABOUT, J.C.; RODRIGUES, F.M.; Trends in genetic literature with the use of flow cytometry. **Cytometry Part A**, v.77 a, n.3, p. 207-210, 2010.

RANGEL, T.F.L.V.B.; DINIZ, J.A.F.; BINI, L.M. SAM: a comprehensive application for Spatial Analysis in Macroecology. **Ecography**, v.33, n.1, p.46-50, 2010.

RIANO B, HERNANDEZ D, GARCIA-GONZALEZ M. Microalgal-based systems for wastewater treatment: Effect of applied organic and nutrient loading rate on biomass composition. **Ecological Engineering**, v.49, n.12, p.112–117, 2012

SCHOEFS B. Chlorophyll and carotenoid analysis in food products. Properties of the pigments and methods of analysis. **Trends in Food Science & Technology**, v.13, n.11, p.361-371, 2002.

SHEEHAN, J.; DUNAHAY, T.; BENEMANN, J.; ROESSLER, P. **A Look Back at the US Department of Energy's Aquatic Species Program: biodiesel from algae**. 8 ed. US Department of Energy's, Office of Fuels development: NREL/TP-580-24190, 1998, 328 p.

SKJANES, K.; LINDBLAD, P.; MULLER, J. BiOCO₂ - A multidisciplinary, biological approach using solar energy to capture CO₂ while producing H₂ and high value products. **Biomolecular Engineering**, v. 24, n.4, p. 405-413, 2007.

SPINK, M.J. Representações Sociais. Questionando o Estado da Arte. **Psicologia e Sociedade** - **ABRAPSO**, v. 8, n. 2, p.166-186, 1996.

STANHILL G.; The growth of climate change science: a scientometric study. **Climatic Change**, v. 48, n. 2, p. 515-524, 2001.

SUBASHCHANDRABOSE, S.R.; RAMAKRISHNAN, B.; MEGHARAJ, M.; VENKATESWARLU, K.; NAIDU, R. Consortia of cyanobacteria/microalgae and bacteria: Biotechnological potential. **Biotechnology Advances**, v. 29, n. 6, p. 896-907, 2011.

SVA'B, E.; TYLER, A.N.; PRESTON, T.; PRÉSING, M.; BALOGH, V. Characterizing the spectral reflectance of algae in lake waters with high suspended sediment concentrations. **International Journal of Remote Sensing**, v. 26, n. 5, p. 919-928, 2005.

THOMAS, H.; OUGHAM, H.; HÖRTENSTEINER, S. Recent advances in the cell biology of chlorophyll catabolism. **Advances in Botanical Research**, v.35, n.2, p.1-52, 2001.

VANTI, N.A.P. Da bibliometria a` webometria: uma exploração conceitual dos mecanismos utilizados para medir o registro da informação e a difusão do conhecimento. **Ci Inf**, v. 31, n.2, p.152–162, 2002.

VERBEEK, A.; DEBACKERE, K.; LUWEL, M.; ZIMMERMANN, E. Measuring progress and evolution in science and technology. In: the multiple uses of bibliometric indicators. **International Journal of Management Reviews**, v. 4, n. 2, p. 179-211, 2002.

WANG, J.J.; LI, J.Z.; LI,F.G. The regioselective Synthesis of bromochlorins related to chlorophyll-*a* from methyl pheophorbide-*a*. **JOURNAL OF THE IRANIAN CHEMICAL SOCIETY**, v.8, n.4, p.1139-1145, 2011. DOI: 10.1007/BF03246572

WETZEL, R. G. **Limnology: Lake and River Ecosystems**. Academic Press, San Diego, 2001, 1006 p.

WILD-ALLEN, K.; THOMPSON, P.A.; VOLKMAN, J.K.; PARSLow, J. Use of a coastal biogeochemical model to select environmental monitoring. **Journal of Marine Systems**, v. 88, n. 1, p. 120-127, 2011.

ZHANG Y., FENG X., CHENG X., WANG C. Remote estimation of chlorophyll-*a* concentrations in Taihu Lake during cyanobacterial algae bloom outbreak. In: Geoinformatics, 2011 19th International Conference on. **Anais...China: IEEE**, 2011. p. 1-6.

ZHENGXING, W.; CHUANG, L.; ALFREDO, H. From AVHRR-NDVI to MODIS-EVI: advances in vegetation index research. **Acta Ecologica Sinica**, v. 23, n. 5, p. 979-987, 2003.

3 ARTIGO 2

Determinantes locais e regionais da Clorofila-a e Índice de Estado Trófico em lagoas de uma planície de inundação do Brasil Central

Suzana Maria Loures de O.Marcionilio¹, Maria Tereza Ribeiro Alves¹, João Carlos Nabout¹, Manuel Eduardo Ferreira², Ludgero Cardoso Galli Vieira³

¹Programa de Mestrado em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, GO, Brasil

²Universidade Federal de Goiás – UFG/IESA/LAPIG

³Universidade de Brasília, Campus Planaltina

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo investigar os determinantes locais (i.e. variáveis limnológicas e morfométricas) e regionais (uso do solo e variáveis climáticas) na variação espacial da clorofila-a e índice de estado trófico de lagoas marginais ao Rio Araguaia. A área de estudo correspondeu a 30 lagoas marginais ao rio Araguaia. A clorofila-a e o IET apresentaram um padrão espacial clinal, no qual, lugares geograficamente próximos tem concentração de clorofila-a e IET semelhantes. Para as duas variáveis, três conjuntos de preditores foram utilizados para explicar esse padrão espacial: variáveis locais (variáveis limnológicas e morfométricas), variáveis regionais (uso de solo e variáveis climáticas) e componente espacial (filtro espacial). Para a clorofila-a e IET as variáveis locais foram as mais importantes para explicar o padrão espacial, além disso, o pH foi a variável local mais importante tanto para clorofila-a como IET. No caso o estudo mostrou que os padrões espaciais das variáveis respostas estão em função de variáveis locais que são influenciadas pelas alterações regionais (i.e clima) e paisagísticas (i.e uso do solo). Ademais, o manejo e uso múltiplo destes ecossistemas devem levar em consideração o uso sustentável dos mesmos para não ocorrer inviabilização destes locais à medida que tenha maior efeito das mudanças climáticas globais.

Palavras-chave: Ambientes Aquáticos; Eutrofização; Limnologia.

ABSTRACT: Therefore, this study aimed to investigate the determinants local (ie limnological and morphometric) and regional (land use and climate variables) in the spatial variation of Chlorofila it and trophic state index of the Araguaia River oxbow lakes. The study area corresponded to 30 lagoons to the river Araguaia. The chlorofila it and the EIT present a spatial pattern clinal, in which locations geographically close concentration has Chlorofila-EIT and the like. For both variables, three sets of predictors were used to explain this spatial pattern: local variables (variables limnological and morphometric), regional variables (land use and climatic variables) and spatial component (spatial filter). For Chlorofila The EIT and local variables were the most important reasons for the spatial pattern, furthermore, the pH was the variable most important site for both Chlorofila it as EIT. In the case study showed that the spatial pattern of the response variables are a function of local variables that are influenced by regional changes (ie climate) and landscape (ie land use) showing that the management and multiple use of these ecosystems should take into consideration the sustainable use of the same does not occur for invibialização these sites as having the greatest effect of global climate change.

Key words: Aquatic Environments; Eutrophication; Limnology.

3.1 INTRODUÇÃO

A clorofila-a (Chl-a) é um componente de amplo interesse e estudo em ambientes aquáticos (CARNEIRO, 2012; LUGOLI et al., 2012; AFFONSO et al., 2011), sua importância se deve a facilidade de obtenção e aos vários mecanismos ambientais e biológicos que estão associados. De fato, a Chl-a está relacionada à biomassa da comunidade fitoplanctônica (VOLLENWEIDER, 1974; WETZEL, 2001; ESTEVES, 2011) e, portanto é um importante indicador da qualidade de ambientes aquáticos.

Além da clorofila-a, alguns índices de qualidade ambiental tem sido usado para caracterizar os ambientes aquáticos, dentre eles pode-se citar o Índice de Estado Trófico, que foi desenvolvido inicialmente por Carlson (1977) e adaptado por Toledo et al., (1983) e tem sido amplamente aplicado em diferentes ambientes aquáticos. A compreensão do padrão espacial e dos determinantes locais e regionais de variáveis como a Chl-a e IET é de grande importância para o manejo e conservação dos ambientes aquáticos (PETERS, 1986).

Nesse contexto é importante destacar que os ambientes aquáticos tropicais têm passado por fortes mudanças paisagísticas (FERREIRA et al., 2007; MASCARENHAS et al., 2009; SANO et al., 2010), ocasionando represamento de rios (ANEEL,2012), alteração do uso do solo (GREIPSSON,2012), mudanças das variáveis limnológicas (BENASSI et al.,2012) e climáticas (IPCC ,2007).

De fato, variáveis locais e regionais podem influenciar as concentrações de Chl-a e IET. Localmente, variáveis como concentração de nitrogênio, transparência da água podem alterar os valores de Chl-a e IET (TABINDA; AYUB,2010). Além desses componentes locais, outras variáveis distribuídas regionalmente podem influenciar diretamente ou indiretamente as concentrações de Chl-a e IET. Variáveis regionais podem interferir diretamente, uma vez que ambientes mais quentes propiciam maiores valores de Chl-a (ESTEVES, 2011), e indiretamente, pois ambientes mais impactados (i.e. menor cobertura do solo) tem sua concentração de nutrientes e transparência da água alterados, promovendo aumento na concentração de Chl-a (FERRAREZE, 2012).

Neste contexto o objetivo do presente estudo foi investigar o padrão espacial da concentração da clorofila-a e dos valores de IET em lagoas da planície de inundação do Rio Araguaia, e ainda determinar a importância relativa de componentes locais (i.e. variáveis limnológicas e morfométrica), regionais (variáveis de uso do solo) e espaciais na concentração dessas variáveis.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Área de estudo

A bacia do rio Araguaia tem sido foco de amplas discussões políticas, sociais e científicas, pelo intenso desmatamento do Cerrado e pela expansão de atividades agrícolas e por manter um dos mais importantes sistemas de áreas úmidas (wetlands) do Brasil central com grande biodiversidade (AQUINO et al., 2008). Atividades de ocupação humana e agropastoril tem acelerado o processo de erosão do solo com presença de carga de sedimentos em suspensão na água do rio principal que chega até as lagoas conectadas (MORAIS et al., 2005). As lagoas de planície de inundação são formadas devidas o relevo de suas áreas que são inundados por rios que possuem pulsos de inundação em função do regime hidrológico (JUNK, 1999). A área estudada encontra inserida entre as cidades do médio Araguaia, Registro do Araguaia, Estado de Goiás, até Conceição do Araguaia, Estado do Pará com uma extensão de 528,1788 KM. O período da coleta se deu no mês de Janeiro que caracteriza para região Centro-Oeste estação verão com muita chuva (Figura 4).

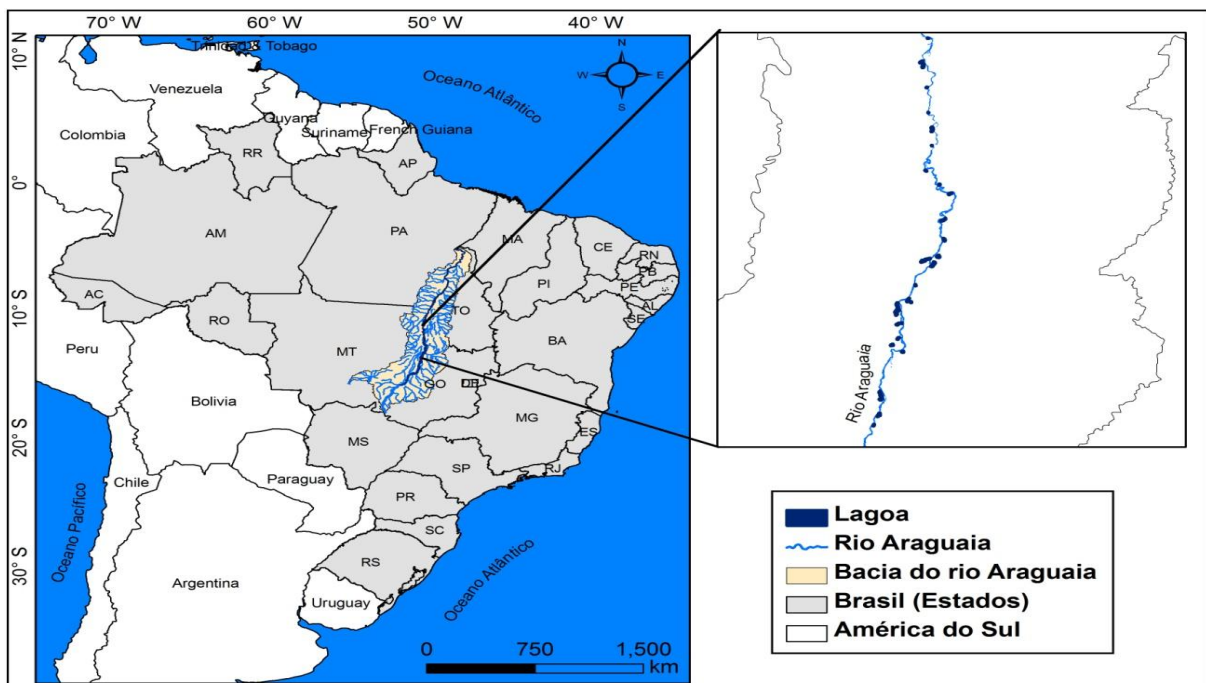


FIGURA 4- Mapa da área de estudo.

3.2.2 Coleta de dados

3.2.2a Clorofila-a e Índice de Estado Trófico (IET)

Foram coletadas amostras de águas superficiais para análise de clorofila-a para trinta lagoas em Janeiro de 2012 (estação chuvosa). Foi determinada para cada lagoa a concentração de clorofila-a de acordo com Golterman et al. (1978). Quanto ao IET a partir de valores das concentrações de fósforo total (ver metodologia abaixo) e chl-a aplicou se a equação desenvolvida por Carlson (1977) e adaptadas por Toledo et al. (1983).

$$IET = IET (PT) + IET (Chla)/2$$

No qual,

$$IET (PT) = 10 \{ 6 - [\ln (80,32/ PT) / \ln 2] \}$$

$$IET (Chla) = 10 - \{ 6 - [(2,04 - 0,695 * \ln (Chla) / \ln 2)] \}$$

A partir do valor encontrado para o IET foram adotados os estados de trofia (CARLSON 1977 modificado por TOLEDO et al.,1983), ultraoligotrófico ($IET \leq 47$), oligotrófico ($47 < IET \leq 52$), mesotrófico ($52 < IET \leq 59$), eutrófico ($59 < IET \leq 63$), e hipereutrófico ($IET > 67$).

3.2.2b Variáveis locais, regionais e espaciais

As variáveis locais foram constituídas por variáveis físico-químicas e morfométricas. As variáveis físico-químicas foram mensuradas *in situ* com aparelhos digitais portáteis (marca DIGIMED): pH (pHmetro), condutividade elétrica (condutivímetro), oxigênio dissolvido (oxímetro), temperatura (termômetro digital) e profundidade (sonda batimétrica). A transparência da água foi medida com o disco de secchi. A concentração de fósforo total e nitrogênio orgânico foram determinados conforme a metodologia de Standard Method (APHA 1995).

As variáveis morfométricas foram constituídas de área e profundidade. Sendo a área da lagoa uma representação da superfície de seu espelho d'água no momento de medição (FANTIN-CRUZ et al., 2009). As imagens utilizadas para esta análise foram disponibilizadas pelo INPE nas datas de 03/05/2011 para o Landsat 5 TM, esta época é considerada de cheia do rio Araguaia. Foram utilizadas as cenas de (223/67 à 223/70). As imagens foram

georreferenciadas pelo software ERDHAS. E posteriormente utilizou a extensão X-Tools do software ARCGIS 9.3 para o cálculo da área para cada lagoa em Km² (imagens disponíveis no anexo). E a profundidade com o uso de uma sonda batimétrica.

As variáveis Regionais são compostas pelas classes de uso do solo remanescente, pastagem e agricultura e as variáveis bioclimáticas temperatura média anual e precipitação média. Os dados de uso do solo foram obtidos de acordo com os seguintes passos: Inicialmente, quanto ao mapeamento das lagoas na planície aluvial do rio Araguaia, este foi realizado via interpretação visual de imagens Landsat-TM 5 (30 metros de resolução espacial) para o ano de 2011, com base também em cenas de alta resolução espacial, via plataforma de análise Google Earth (entre 1 e 10 metros de resolução espacial), nas datas disponíveis (normalmente entre 2006 e 2010).

A classificação do uso do solo na região circundante às lagoas foi realizada com base também nas imagens Landsat-TM 5. As cenas, disponibilizadas gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais (INPE, <http://www.dgi.inpe.br/CDSR>), foram de 223/67 a 223/70, com data de registro em 03/05/2011; esta data é considerada como de cheia na região do Araguaia, com baixa nebulosidade, o que favoreceu a identificação das lagoas. Posteriormente, realizou-se uma correção geométrica destas cenas, com base em cenas do projeto Geocover (NASA/USGS), com a respectiva criação de mosaicos para a região estudada.

A partir da definição das áreas de estudo (i.e., delimitação das lagoas e aplicação de um *buffer* de 10 km em torno das mesmas), foram mapeadas as seguintes classes de uso do solo: vegetação remanescente, pastagem e agricultura.

Dentre as técnicas de processamento de imagens empregadas nos mapeamentos, destaca-se o uso de um Modelo Linear de Mistura Espectral para o realce entre as classes de Cerrado e uso antrópico (FERREIRA et al., 2007), com aplicação de segmentação de imagens, seguida pelo método de classificação supervisionada MaxVer, a partir da coleta de amostras de *pixels* para as referidas classes temáticas. Na fase de análises geoestatísticas, um novo *buffer* de 100 metros foi criado em torno de cada uma das 30 lagoas perenes, e aplicado sobre o mosaico mapeado de 2011, com o intuito de se verificar o quanto de remanescentes de vegetação foi convertido em classes de uso antrópicas. A distância de 100 m foi estabelecida de acordo com o atual Código Florestal Brasileiro.

Variáveis climáticas (i.e. temperatura média anual e pluviosidade média anual) foram obtidas a partir do site Worldclim.org e correspondem a uma resolução de 0.04 graus.

Outra variável regional utilizada foi distribuição espacial entre as lagoas de inundação. Para obtenção dos dados espaciais as coordenadas geográficas foram usadas para gerar filtros espaciais, que representam a estrutura espacial em diferentes escalas geográficas. Os filtros espaciais foram gerados por meio da PCNM (*principal coordinates of neighbour matrices*) (GRIFFITH e PERES-NETO, 2006; NABOUT et al., 2009), no qual foi obtido 1 filtro espacial (usando o método que minimiza a autocorrelação espacial no resíduo da regressão). A localização geográfica de cada lago foi feita utilizando o equipamento GPS (modelo Garmin). Para a obtenção do filtro espacial foi utilizado o software SAM V.4 (RANGEL et al., 2010).

3.3 Análise dos dados

Foi utilizado neste estudo regressão linear múltipla parcial para obter a importância isolada de cada preditor. Foram usados dois conjuntos de variáveis respostas: Clorofila-a e IET. Para cada regressão foi utilizado três classes de preditores: variáveis locais (i.e. físico-química e morfométricas), variáveis regionais (i.e. uso do solo e bioclimáticas) e variável espacial (i.e. 1º filtro espacial). Todos os conjuntos de dados sofreram transformações logarítmicas (todas as unidades de medidas) exceto o pH e raiz quadrada do arcoseno (dados em percentual, tais como dados de uso do solo). É importante destacar que as variáveis locais foram distintas para cada variável resposta (tal procedimento foi feito para evitar circularidade nas análises). Para a Chl-a foram usadas: Área, profundidade, oxigênio dissolvido, pH, temperatura, fósforo total, nitrogênio orgânico e transparência. Enquanto que para o IET as variáveis locais foram: Área, profundidade, oxigênio dissolvido, pH, temperatura, nitrogênio orgânico e transparência.

A regressão parcial foi utilizada para particionar o efeito de componentes locais, regionais e espaciais na concentração de clorofila-a e IET. Nessa regressão combina-se o R^2_{adj} para obter frações únicas para explicar a variável resposta, nesse caso obtém-se [a] variação explicada puramente pelo componente local; [b] variação explicada puramente pelo componente regional; [c] variação explicada puramente pelo componente espacial; [d] variação compartilhada com local e regional; [e] variação compartilhada com regional e espaço; [f] variação compartilhada com local e espaço; [g] variação compartilhada com local, regional e espaço e [h] variação residual.

A análise de regressão parcial foi feita usando o programa R 2.13, pacote Vegan.

3.4 RESULTADOS e DISCUSSÃO

O teor médio de clorofila-a (chl-a) detectado foi 2.42 $\mu\text{g. L}^{-1}$ com coeficiente de variação de 76% (Tabela 3 e Figura 1 do anexo), indicando que esses corpos d'água possuem produção primária dentro do limite estabelecido pelo CONAMA n°357 (i.e 10 $\mu\text{g/L}$). O uso da Chl-a como variável de importância ambiental se deve ao fato de serem simples de mensurar e vulnerável as alterações dos parâmetros físico-químicos e biológicos no corpo hídrico (VOLENWEIDER, 1974; HAKANSON et al., 2007). Além disso, é largamente utilizada em trabalhos voltados para ecossistemas aquáticos continentais entre eles destaca o trabalho de Rocha et al., (2009) ; Câmara et al., (2009); Gray et al., (2011); Carneiro (2012).

Em relação ao grau de trofia todas as lagoas foram classificadas como ultraoligotróficas (i.e IET ≤ 47). O processo de eutrofização é um processo degradativo ocasionado por altas concentrações de nutrientes resultantes da contaminação por fontes pontuais (i.e áreas urbanas e efluentes) e fontes difusas (i.e atividades agropastoris) favorecendo a proliferação de algas (CHO et al.,2009). A aplicação do índice (IET) resume em um único valor dois parâmetros do ambiente analisado (Chla- e fósforo total) trazendo avaliação limnológica bastante aproximada do nível de enriquecimento nutricional do corpo aquático. O IET utilizado neste trabalho também foi utilizado em outros trabalhos de ambientes lênticos como de Barbosa et al. (2006); Duarte et al. (2009) ; Fia et al. (2009) e ambientes de planície de inundação como o estudo de Affonso et al. (2011) e Gray et al. (2011).

As lagoas investigadas apresentaram águas ácidas, sendo em sua maioria rasas e com baixos teores de OD. O teor médio de fósforo total e nitrogênio se encontra de acordo com o estabelecido pelo CONAMA n°357 (2005) para águas doces de classe I que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário; à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

Quanto ao uso do solo verifica atividades agropastoris dentro da faixa da APP estabelecidas para estas lagoas, conforme descreve a Tabela 3.

TABELA 3: Estatística descritiva das variáveis investigadas no presente estudo, indicando a média e o Coeficiente de Variação (%).

Variáveis	Unidades	N	Média	CV (%)
Clorofila-a	$\mu\text{g. L}^{-1}$	30	2,420	76

IET		30	25,030	36,4
Locais				
Oxigênio dissolvido	mg. L ⁻¹	30	3,4	54,18
pH		30	6,573	7,24
Temperatura	°C	30	28,067	4,93
Fósforo total	µg. L ⁻¹	30	16,078	39,92
Transparência	m	30	0,844	68,68
Nitrogênio (orgânico)	mg. L ⁻¹	30	0,173	81,34
Área	Km ²	30	0,7	123,81
Profundidade	m	30	6,477	23,24
Regional				
Remanescente	%	30	0,835	36,79
Pastagem	%	30	0,131	211,96
Agricultura	%	30	0,034	341,41
Temperatura média anual	°C	30	26,787	1,81
Pluviosidade média anual	mm	30	1644	5,47

As propriedades físico-químicas da planície de inundação são afetadas por pressão antrópicas na Bacia do rio principal e chegam até os lagos conectados pelo pulso de inundação, consequentemente desestabiliza a dinâmica de nutrientes e interações tróficas dos lagos (JUNK; WANTZEN, 2004). Seguindo o padrão dos macronutrientes a Chl-a em águas altas tem menores concentrações sendo uma das características dessas regiões alagáveis (CARVALHO et al., 2003). As alterações hidrológicas influencia a entrada de material alóctone aos lagos consequentemente alterando os padrões físico-químicos e biológicos destas águas esse comportamento foi averiguado em outros estudos como de Affonso et al. (2011) para região de inundação do Rio Amazonas .

As variáveis Chl-a e IET apresentaram padrão espacial clinal, no qual a primeira classe de distância foi significativa para ambas as variáveis (Figuras 5 e 6). Esse resultado demonstra que lagoas geograficamente próximas têm valores de Chl-a e IET semelhantes.

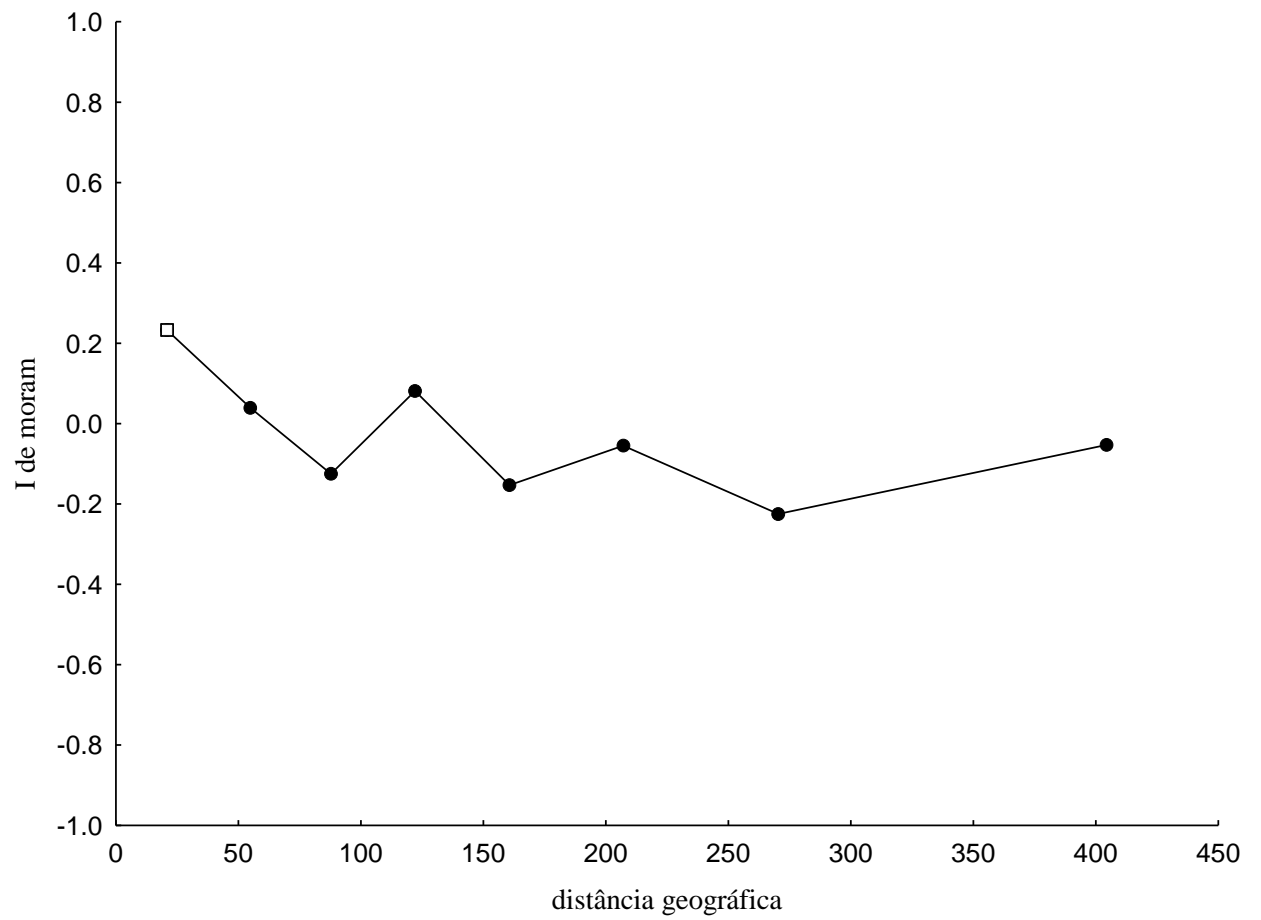


FIGURA 5 - Padrão espacial da Chl-a indicando as classes significativas (caixa aberta).

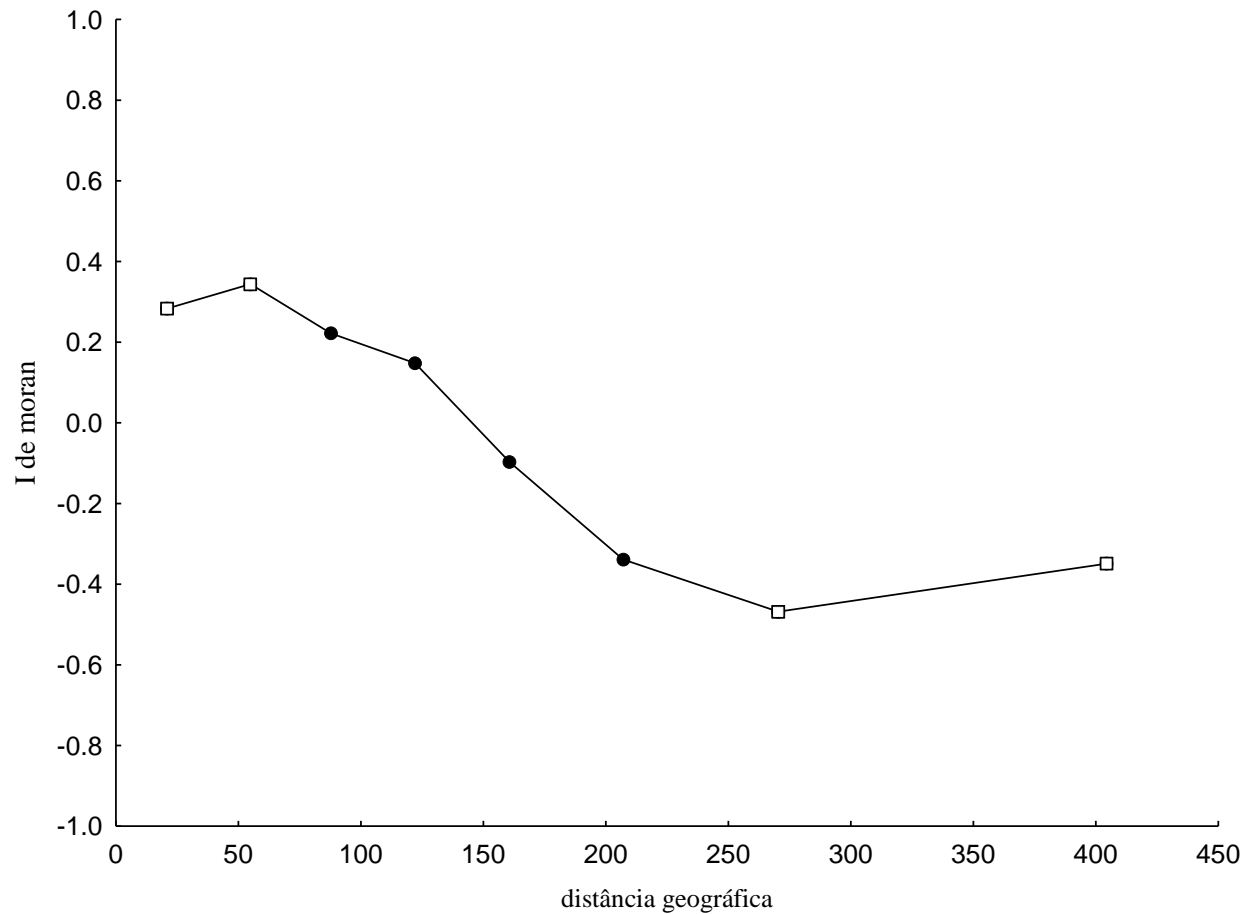


FIGURA 6 - Padrão espacial do IET indicando as classes significativas (caixa aberta).

A análise de regressão parcial indicou que os componentes puramente locais foram importantes para explicar a variação de Chl-a e IET (respectivamente, $R^2 = 0.34$; $P = 0.03$, e $R^2 = 0.20$; $P = 0.04$). Já os preditores puramente regionais e espaciais não explicaram significativamente os teores de Chl-a e IET para as trinta lagoas do Médio Rio Araguaia (Figuras 7 e 8). Esse padrão espacial foi observado em resultado de outros trabalhos, ou seja importância de variáveis locais como preditores de clorofila-a em lagos do Alto Rio Mississippi (GRAY et al., 2011), baixo rio Reno (ROOZEN et al., 2003) e rio Missouri (KNOWLTON; JONES, 1997).

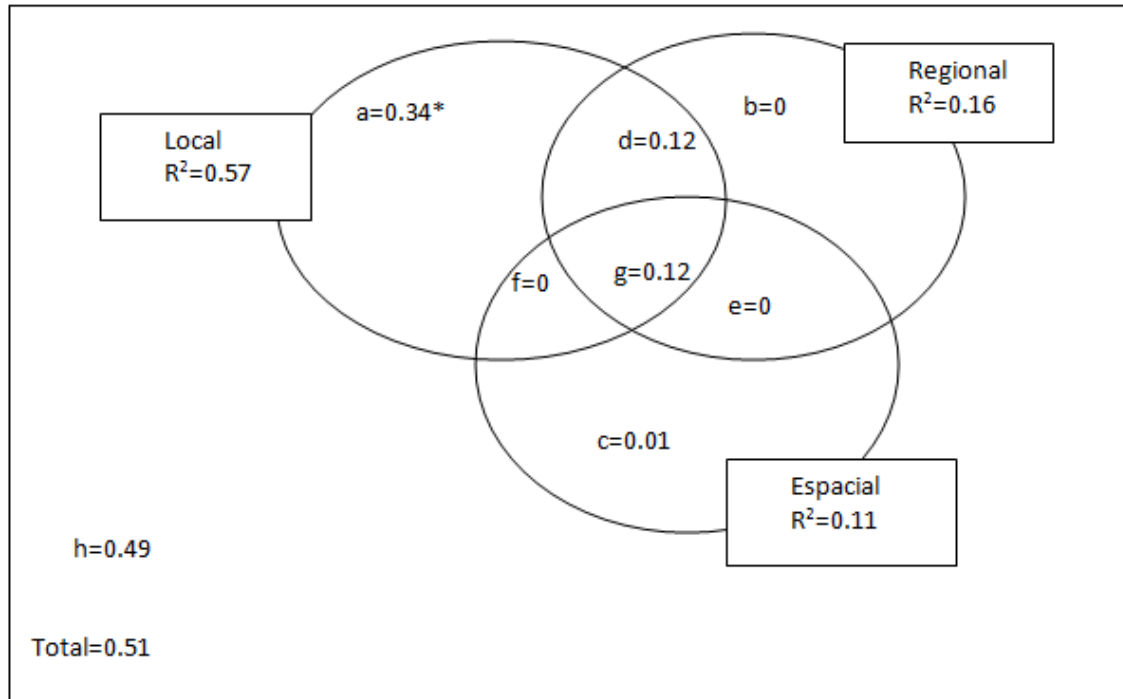


FIGURA 7 - Diagrama de Venn demonstrando os componentes parciais da regressão múltipla que explicam a Chl-a nas lagoas de inundação do rio Araguaia. As letras indicadas na figura estão descrito no item material e métodos.* indica os componentes significativos ($P < 0.05$).

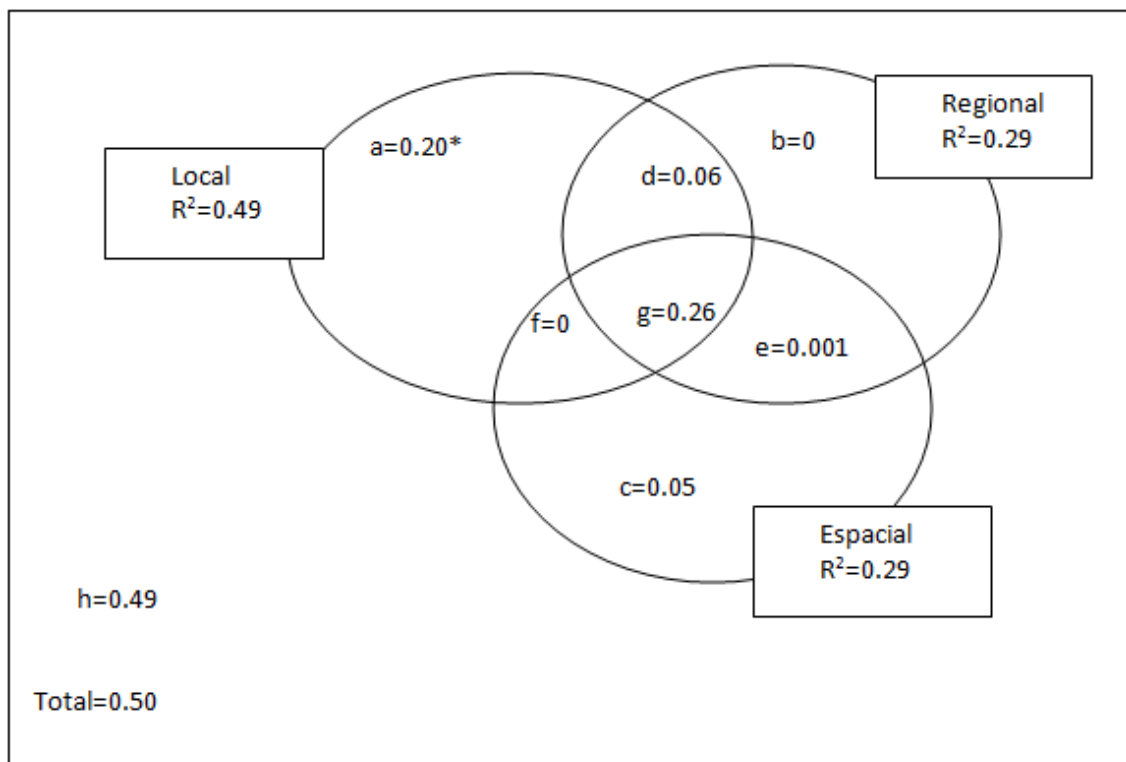


FIGURA 8 - Diagrama de Venn demonstrando os componentes parciais da regressão múltipla das variáveis explanatórias locais do IET nas lagoas de inundação do rio Araguaia. As letras indicadas na figura estão descrito no item material e métodos.* indica os componentes significativos ($P < 0.05$).

Uma nova regressão múltipla e partição da variância foram realizadas considerando somente os componentes locais para a Chl-a e IET. No caso da Chl-a, a variável local significativa é somente o pH (ver Tabela 2), onde o mesmo apresenta coeficiente angular positivo, ou seja, lagoas que apresentaram maiores valores de Chl-a são as que apresentaram também maiores valores de pH. O pH é uma das variáveis ambientais mais importante e complexas, pelo fato de suas alterações de ácido a básico estar em função dos processos de decomposição de matéria orgânica no meio e de assimilação de CO_2 na realização de fotossíntese (ESTEVEES, 2011).

Os ambientes estudados se mostraram ácidos permitindo inferir que está ocorrendo processo de decomposição de matéria orgânica concomitantemente ao processo de fotossíntese em consequência há queda no valor do pH tornando o ácido. Além disso, o pH atua na fisiologia das espécies aquáticas como na permeabilidade da membrana celular das algas no transporte iônico intra e extra celular (ESTEVEES, 2011). No caso sendo positiva a relação entre pH e Chl-a a medida que tende aumentar o valor do pH (liberação de bicarbonato) há maior processo fotossintético (assimilação de CO_2). Estudos de Rocha et al. (2009); Rocha e Thomaz, (2004); Gomes e Miranda (2001), explicaram a concentração de chl-a para suas áreas de estudo com parâmetros físico-químicos entre eles pH.

TABELA 4 - Importância indicada pelo Coeficiente de determinação (R^2), significância e coeficiente angular de cada variável local que explica a Clorofila-a nas lagoas marginais do Rio Araguaia. Valores de R^2 da regressão linear onde a variável resposta é a Chl-a.

Variáveis locais	R^2	Significância	Coeficiente angular (b)
Área	0.023	0.2051	0.377
Fósforo total	-0.01	0.4355	-0.047
N-orgânico	0.06	0.1018	1.935
Oxigênio dissolvido	0.05	0.1249	-1.036
pH	0.22	0.0124	0.333
Profundidade	0.03	0.1873	-0.967
Temperatura	0.006	0.2836	4.578
Transparência	0.026	0.664	0.011

Já para o IET, as variáveis locais mais importantes foram pH e Oxigênio Dissolvido (tabela 3), além disso, o pH foi negativamente correlacionado com o IET e já o Oxigênio Dissolvido foi positivamente relacionado com o IET.

TABELA 5 - Importância indicada pelo Coeficiente de determinação (R^2), significância e coeficiente angular de cada variável local que explica o IET nas lagoas marginais do Rio Araguaia.

Variáveis	R^2	Significância	Coeficiente angular (b)
Área	-0.03	0.71	0.013
N-orgânico	0.07	0.0666	-0.919
Oxigênio dissolvido	0.1	0.0325	0.546
pH	0.18	0.009	-0.13
Profundidade	0.004	0.29	0.413
Temperatura	0.003	0.363	-1.775
Transparência	0.007	0.26	-0.099

A eutrofização tem sido explorada em outros estudos a partir da relação de diversos fatores antrópicos como poluição difusa e pontual dos corpos hídricos, atividades de aquicultura variações hidrológicas, urbanização próximas aos ambientes aquáticos (HALL et al., 1999; ARBUCKLE; DOWING, 2001; BUCK et al., 2004; FRATERRIGO e DOWNING, 2008). Neste estudo variáveis exploratórias locais que mais explicam IET são pH e OD sendo o pH negativamente relacionado e OD positivamente com o IET. Apesar das lagoas analisadas apresentarem como ultraoligotróficas.

A eutrofização aumenta a produção de matéria orgânica com o decréscimo dos valores de pH devido a liberação de carbono inorgânico (BALMER; DOWING, 2011), o aumento de produção primária pela disponibilidade de nutrientes (i.e aumento do IET) favorece o aumento da taxa de fotossíntese liberando OD para o ambiente aquático (ESTEVES, 2011).

De forma direta a temperatura controla o pH e o processo de fotossíntese (FERRAREZE, 2012), portanto, no contexto das mudanças climáticas globais torna se preocupante esta relação considerando o aumento de temperatura e alteração na distribuição e padrão de chuvas para o Brasil (IPCC, 2007).

3.5 CONCLUSÃO

As lagoas inseridas no Brasil Central possuem como padrão espacial de Chl-a e IET os parâmetros locais (i.e. pH e OD) que estão sujeitos as alterações das variáveis em escalas regionais como uso do solo (i.e entrada de nutrientes) e climáticas (i.e temperatura).

Os preditores regionais (i.e uso do solo e climáticos) e espaciais (i.e 1° filtro espacial) que foram determinados neste estudo, não foram significativos como preditores da Chl-a e IET, respectivamente. Isso mostra que para regiões tropicais pouco impactados e com clima bem definido, numa escala espacial em torno de 530 km as propriedades físico-químicas e biológicas dos ambientes lênticos são preditas apenas por parâmetros locais (metabolismo do ambiente, biota, parâmetros físico-químico).

As mudanças que ocorrem ao longo da paisagem do Rio principal são responsáveis pela alimentação destes corpos hídricos quanto à entrada de nutrientes e sólidos suspensos (FERRAREZE, 2012). Logo este estudo sugere outras formas de prever Chl-a e IET em lagoas tropicais em pesquisas futuras. Estimando os mesmos através de valores de pH e taxas de carbono inorgânico disponíveis no ambiente (BALMER; DOWING, 2011; LAZZARINO et al., 2009).

3.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFFONSO, A G.; BARBOSA, C.; NOVO, E.M.L.M. Water quality changes in floodplain lakes as a function of the Amazon River flood pulse: Lago Grande de Curuaí (Pará). **Brazilian Journal of Biology**, v. 71, n. 3, p. 601-610, 2011.

AFFONSO, A G.; QUEIROZ, H.L.de; NOVO, E.M.L.de M. Limnological characterization of floodplain lakes in Mamirauá Sustainable Development Reserve, Central Amazon (Amazonas State, Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 23, n. 1, p. 95-108, 2011.

APHA (American Public Health Association), American water works association, and water pollution control federation. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. APHA, Washington, DC, 1998, 1600 p.

ARBUCKLE, K. E.; DOWING, J. A. The influence of watershed land use on lake N:P in a predominantly agricultural landscape. **Limnology and Oceanography**, v.46, n.4, p. 970-975, 2001.

AQUINO, S.; LATRUBESSE, E.M.; SOUZA FILHO, E.E.de. Relações entre o regime hidrológico e os ecossistemas aquáticos da planície aluvial do rio Araguaia. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v.30, n.4, p.361-369, 2008.

BALMER, M.B.; DOWING, J.A. Carbon dioxide concentrations in eutrophic lakes: undersaturation implies atmospheric uptake. **Inland Waters**, v. 1, n. 2, p. 125-132, 2011.

BARBOSA, J.E.de L.; ANDRADE, R.S.; LINS,R.P.; DINIZ, C. R. Diagnóstico do estado trófico e aspectos limnológicos de sistemas aquáticos da bacia hidrográfica do Rio Taperoá, Trópico do semi-árido brasileiro. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v.6, n.1, p.81-89, 2006.

BENASSI, R.F; FREIRE, R.H.F; CALIJURI, M do C. Space-temporal dynamics of limnological variables in a floodplain wetland located at Ribeira do Iguape Valley (São Paulo, Brazil) at different hydrological periods. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 24, n. 1, p. 83-96, 2012.

BORCARD, D.; LEGENDRE, P. All-scale spatial analysis of ecological data by means of principal coordinates of neighbor matrices. **Ecological Modelling** v. 153, n. 1, p. 51-68, 2002.

BRASIL. Lei Federal (2012)- 3º do Código Florestal na lei nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Disponível em <http://www.aneel.gov.br>. Acesso em Outubro de 2012.

BUCK, O.;NIYOGI, D. K.;TOWNSEND, C. R. Scale dependence of land use effects on water quality of streams in agricultural catchments. **Environmental Pollution**, v. 130, n. 2, p. 287-299, 2004.

CAMARA, FRA.; LIMA, AKA.; ROCHA, O.; CHELLAPPA, NT. The role of nutrient dynamics on the phytoplankton biomass (chlorophyll-*a*) of a reservoir-channel continuum in a semi-arid tropical region. **Acta Limnologica Brasiliensia** , v.21, n.4, p. 431-439, 2009.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA n ° 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Publicação: **Diário Oficial da União**, 18 de março de 2005.

CARLSON, R. E. A Trophic State Index for Lakes. **Limnology and Oceanography**, v. 22, n.2, p.361 – 369, 1977.

CARNEIRO,F.M. **Determinantes da estrutura de comunidades do fitoplâncton em diferentes escalas espaciais**. Tese (Doutorado em Ecologia e Evolução). Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2012. 96p.

CARVALHO, P.; BINI, L.M; THOMAZ, S.M.; OLIVEIRA, L.G.; ROBERTSON, B.; TAVECHIO, W.L.G.; DARWISCHI, A.J. Comparative limnology of South American floodplain lakes and lagoons. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 2, p. 265-273, 2001.

CARVALHO, P.; THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. Effects of water level, abiotic and biotic factors on bacterioplankton abundance in lagoons of a tropical floodplain (Paraná River, Brazil). **Hydrobiologia** (The Hague), The Netherlands, v. 510, n.1-3, p. 67-74, 2003.

CASALI, S.; CALIJURI, M. do C.; BARBARISI, B.; RENÓ,V.F.; AFFONSO,A.G.; BARBOSA,C.; SILVA,T.S.F.; NOVO, E.M.L.de M. Impact of the 2009 extreme water level variation on phytoplankton community structure in Lower Amazon floodplain lakes . **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 23, n. 3, p. 260-270, 2011.

CHO, K.H.; KANG, J.H.; KI, S.J.; PARK, Y.; CHA, S.M.; KIM, J.H. Determination of the optimal parameters in regression models for the prediction of chlorophyll-*a*: A case study of the Yeongsan Reservoir, Korea. **Science of the Total Environment** , v.407, n.8, p. 2536–2545, 2009.

DUARTE,M.A.C.; CEBALLOS,B.S. O de .; MELO ,A.N. de S.; KONIG,A.Comportamento dos Indices de estado trófico de Carlson (IET) e modificado (IETm) em três lagoas naturais no Nordeste do Brasil. In: **Anais...20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. 2009, p.2278-2285.

FIA, R.; MATOS,A. T. de; CORADI,P.C.; RAMIREZ,O.P.O Estado Trófico da água na bacia hidrográfica da Lagoa Mirim,RS, Brasil. **Revista Ambiente - Água**, Taubaté, v.4, n.1, p.132-141, 2009.

ESTEVEZ, F.de A. **Fundamentos de limnologia**. 3º edição. Editora Interciência. 2011.

FANTIN-CRUZ, I.; LOVERDE-OLIVEIRA, S.; GIRARD,P. Caracterização morfométrica e suas implicações na limnologia de lagoas do Pantanal Norte. **Acta Scientiarum. Biological Sciences** , Maringá, v. 30, n. 2, p. 133-140, 2008.

FERRAREZE, M. The effect of the land use on phytoplankton assemblages of a Cerrado stream (Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 24, n.1, p. 43-51, 2012.

FERREIRA, M.E.; FERREIRA Jr, L.G.; FERREIRA, N.C.; ROCHA, G.F.; NEMAYER, M. Desmatamentos no bioma Cerrado: uma análise temporal (2001-2005) com base nos dados MODIS - MOD13Q1. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 04, 2007, Florianópolis. **Anais...**São José dos Campos: INPE, 2007. Artigos, p. 3877-3883. CD-ROM, on-line. Disponível em:<<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.21.21/doc/3877-3883.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2012.

FRATERRIGO, J. M.; DOWNING, J. A. The influence of land use on lake nutrients varies with watershed transport capacity. **Ecosystems**, v. 11, n. 7, p. 1021-1034, 2008.

GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S.; OHMSTAD, M.A.M. **Methods for physical and chemical analysis of freshwaters**. Oxford: Blackwell Scientific Publication, 1978, 214 p.

GOMES, L.C.; MIRANDA, L.E.. Hydrologic and climatic regimes limit phytoplankton biomass in reservoirs of the upper Paraná River basin, Brazil. **Hydrobiologia**, v. 457, n. 1-3, p. 205-214, 2001.

GRAY, B.R.; ROGALA, J.R.; HOUSER, J.N. Treating Floodplain Lakes of Large Rivers as Study Units for Variables that Vary Within Lakes; An Evaluation Using Chlorophyll a and Inorganic Suspend Solids Data From Floodplain Lakes of the Upper Mississipi River. **River Research and Applications**, v.27, n.9, doi: 10.1002/rra.1603

GREIPSSON, S. Catastrophic soil erosion in Iceland: Impact of long-term climate change, compounded natural disturbances and human driven land-use changes. **Catena**, v.98 p. 41–54, 2012.

GRIFFITH, D. A.; PERES-NETO, P.R. Spatial modeling in ecology: the flexibility of eigenfunction spatial analyses. **Ecology**, v.87, n.10, p. 2603–2613, 2006.

HALL, R. I.; LEAVITT, P. R.; DIXIT, A. S.; QUINLAN, R.; SMOL, J. P. Effects of agriculture, urbanization and climate on water quality in the northern Great Plains. **Limnology and Oceanography**, v.44, n.3, p. 739–756, 1999.

HAKANSON L, BRYHN AC, HYTTEBORN,JK. On the issue of limiting nutrient and predictions of cyanobacteria in aquatic systems. **Science of the total environment**, v. 379, n. 1, p. 89-108, 2007.

IPCC (2007) Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (ed. by S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor & H. L. Miller), 1–18. Cambridge University Press, UK.<http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-spm.pdf> [ultimo acesso outubro de 2012]

JUNK, W.J. The flood pulse concept of large rivers: Learning from the tropics. **Archiv für Hydrobiologie , Supplement**, v.115,n.3, p. 261-280, 1999.

JUNK, W.J., WANTZEN, K.M. The Flood Pulse Concept: New Aspects, Approaches, and Applications - an Update. R.L. Welcomme & T. Petr, eds. In: **Anais...** Proceedings of the Second International Symposium on the Management of Large Rivers for Fisheries: Food and Agriculture Organization & Mekong River Commission. FAO Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok, v.2 , 2004, p. 117 - 149 .

KNOWLTON, M.F.; JONES, J.R. Trophic status of Missouri River floodplain lakes in relation to basin type and connectivity. **Wetlands**, v. 17, n. 4, p. 468-475, 1997.

LAZZARINO, J.K.; BACHMANN, R.W.; HOYER, M.V.; CANFIELD, D.E. Carbon dioxide supersaturation in Florida lakes. **Hydrobiologia**, v.627, n.1, p.169-180, 2009.

LUGOLI, F.; GARMENDIA, M.; LEHTINEN, S.; KAUPPILA, P.; MONCHEVA, S.; REVILLA, M.; ROSELLI, L.; SLABAKOVA, N.; VALENCIA, V.; DROMPH, K.M.; BASSET, A. Application of a new multi-metric phytoplankton index to the assessment of ecological status in marine and transitional waters. **Ecological Indicators**, v.23, p.338-355, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bbr.2011.03.031>

MASCARENHAS, L.M. de A.; FERREIRA, L.G.; FERREIRA, M.E. Sensoriamento Remoto como instrumento de Controle e Proteção Ambiental: Análise da Cobertura Vegetal Remanescente na Bacia do Rio Araguaia. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 21, n.1, p. 5-18, 2009.

MALEK, S.; AHMAD, S.M.S.; SINGH, S.K.K.; MILOW, P.; SALLEH, A. Assessment of predictive models for chlorophyll-a concentration of a tropical lake. **BMC bioinformatics**, v. 12, n. Suppl 13, p. S12, 2011.

MORAIS, R.P. de; OLIVEIRA, L.G.; LATRUBESSE, E.M.; PINHEIRO, R.C.D. Morfometria de sistemas lacustres da planície aluvial do médio rio Araguaia. **Acta Scientiarum Biological Science**, v.27, n.3, p.203-213, 2005.

NABOUT, J.C.; SIQUEIRA, T.; BINI, L.M.; NOGUEIRA, I de S. No evidence for environmental and spatial processes in structuring phytoplankton communities. **Acta Oecologica**, v. 35, n. 5, p. 720-726, 2009.

NAEHER, S.; SMITTENBERG, R. H.; GILLI, A.; KIRILOVA, E.P.; LOTTER, A.F.; SCHUBERT, C. J. Impact of recent lake eutrophication on microbial community changes as revealed by high resolution lipid biomarkers in Rotsee (Switzerland). **Organic Geochemistry** v.49, n.8, p. 86–95, 2012.

PETERS, R.H. The role of prediction in limnology. **Limnology and Oceanography**, v. 31, n. 5, p. 1143-1159, 1986.

R DEVELOPMENTE CORE TEAM (2011). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.

RANGEL, T.F.L.V.B.; DINIZ, J.A.F.; BINI, L.M. SAM: a comprehensive application for Spatial Analysis in Macroecology. **Ecography**, v.33, n.1, p.46-50, 2010.

ROCHA, R.R.A.; THOMAZ, S.M. Variação temporal de fatores limnológicos em ambientes da planície de inundação do alto rio Paraná (PR/MS – Brasil). **Acta Scientiarum**, v. 26, n. 3, p. 261-271. 2004.

ROCHA, R.R.A.; THOMAZ, S.M.; CARVALHO, P.; GOMES, L.C. Modeling chlorophyll-a and dissolved oxygen concentration in tropical floodplain lakes (Paraná River, Brazil). **Brazilian Journal of Biology**, v. 69, n. 2, p. 491-500, 2009.

ROOZEN, F.C.J.M.; VAN GEEST, G.J.; IBELINGS, B.W.; ROIJACKERS, R.; SCHEFFER, M.; BUIJSE, A.D. Lake age and water level affect the turbidity of floodplain lakes along the lower Rhine. **Freshwater Biology**, v.48, n.3, p. 519–531, 2003.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA Jr.; L. G. Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 166, n. 1, p. 113-124, 2010.

SØNDERGAARD, M.; LARSEN, S.E.; JØRGENSEN, T.B.; JEPPESEN, E. Using chlorophyll a and cyanobacteria in the ecological classification of lakes. **Ecological Indicators**, v. 11, n.5, p. 1403–1412, 2011.

TABINDA, A.B.; AYUB, M. Effect of high phosphate fertilization rate on pond phosphate concentrations, chlorophyll a, and fish growth in carp polyculture. **Aquaculture International**, v. 18, n. 3, p. 285-301, 2010.

THOMAZ, S.M.; LANSAC-TÔHA, F.A.; ROBERTO, M.C.; ESTEVES, F.A.; LIMA, A.F. Seasonal variation of some limnological features of lagoa do Guaraná, a várzea lake of the High Rio Paraná, State of Mato Grosso do Sul, Brazil. **Revue d'Hydrobiologie Tropicale**, v. 25, n. 4, p. 269-276, 1992.

THOMAZ, S.M.; PAGIORO, T.A.; BINI, L.M.; ROBERTO, M.C.; ROCHA, R.R.A. Limnology of the Upper Paraná Floodplain habitats: patterns of spatio-temporal variations and influence of the water levels. In THOMAZ, S.M., AGOSTINHO, A.A. and HAHN, N.S. (Eds.). **The Upper Paraná River and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation**. Leiden: Backhuys Publishers. 2004a, p. 76-102.

TOLEDO Jr, A. P.; TALARICO, M.; CHINEZ, S.J.; AGUDO, E.G. A aplicação de modelos simplificados para a avaliação do processo da eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Balneário Camboriú, 1983. **Anais...** Santa Catarina. 1983, p. 1-34.

TROLLE, D.; HAMILTON, D.P.; PILDITCH, C.A.; DUGGAN, I.C.; JEPPESEN, E., Predicting the effects of climate change on trophic status of three morphologically varying lakes: implications for lake restoration and management. **Environmental Modelling & Software**, v.26, n.4, p. 354-370, 2011.

VOLLENWEIDER, R.A. Primary production in aquatic environments. 2nd ed. Oxford IBP **Handbook: Number Blackwell Scientific Publications**; 1974.

WETZEL, R.G. **Limnology: lake and river ecosystems**. San Diego: Academic Press, 2001, 1006p.

WORLDCLIM. <http://www.worldclim.org>/acesso em Fevereiro de 2012.

4- CONCLUSÕES GERAIS

A partir da análise cienciométrica da clorofila – a tivemos o diagnóstico que a mesma é uma variável muito utilizada em estudos de ambientes aquáticos, principalmente marinhos e em escalas regionais com abordagem descritiva. Os estudos com essa variável aumentaram com o passar dos anos (escala temporal 1991-2011), sendo publicadas por diversos periódicos (160) e em sua maioria as publicações possuem como primeiro autores os americanos e locais de estudo o território Chinês.

Numa escala regional em lagoas da planície de inundação do Médio Rio Araguaia a clorofila-a foi predita apenas pelo pH que é um componente local. Sendo o mesmo determinado pela quantificação de íons solubilizados na água e influenciado pela temperatura, pluviosidade e de forma indireta retratando as condições de conservação do uso do solo as margens desses ambientes e fatores climáticos.

ANEXO

FIGURA 1- Mapa colorimétrico da concentração de clorofila-a em lagoas da planície de inundação do Médio Araguaia.

