

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

**INFLUÊNCIA RELATIVA DO IMPACTO HUMANO E DAS VARIÁVEIS  
CLIMÁTICAS NA ESTRUTURA LIMNOLÓGICA DE LAGOAS DE INUNDAÇÃO  
DO BRASIL CENTRAL**

**MARIA TEREZA RIBEIRO ALVES**

**ANÁPOLIS  
FEVEREIRO/2013**

**INFLUÊNCIA RELATIVA DO IMPACTO HUMANO E DAS  
VARIÁVEIS CLIMÁTICAS NA ESTRUTURA LIMNOLÓGICA  
DE LAGOAS DE INUNDAÇÃO DO BRASIL CENTRAL**

**MARIA TEREZA RIBEIRO ALVES**  
**Engenheira Florestal**

**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, para obtenção do título de MESTRE.

**Anápolis**  
Goiás  
2013

Alves, Maria Tereza Ribeiro.

Influência relativa do impacto humano e das variáveis climáticas na estrutura limnológica de lagoas de inundação do Brasil Central/ Maria Tereza Ribeiro Alves. - 2013.

64 f. il.

Orientador: Prof. Dr. João Carlos Nabout.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Goiás. Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, 2013.

Bibliografia.

1. Planície de inundação. 2. Clima 3. Cienciometria. 4. Impacto antrópico. I. Título.

*A meu pai e minha mãe, Manoel e  
Juraci pelo eterno apoio,  
e Pedro, meu grande companheiro.  
Dedico.*

## AGRADECIMENTOS

A conclusão deste trabalho só foi possível devido à ajuda de várias pessoas que colaboraram de diferentes formas.

Agradeço ao Professor Dr. João Carlos Nabout pela oportunidade de fazer parte deste trabalho. Agradeço pelo suporte intelectual e financeiro para o projeto, sem o qual não seria possível a realização deste. Agradeço por todos os momentos de orientação.

Agradeço a toda minha família, em especial minha mãe e meu pai, por mais uma vez me ajudarem e me mostrarem o caminho certo nos momentos de dificuldades.

Ao Pedro, meu grande companheiro, pelo apoio em tantos momentos difíceis, por todo carinho, paciência e dedicação.

Agradeço a Pedro, Karine e Marlon pelo apoio na realização das coletas e pela ajuda com os trabalhos em laboratório.

A Flívia e Suzana, pelo companheirismo ao longo desta etapa. Por todos os desesperos e alegrias que passamos juntas.

Agradeço a Mariana, Vilma e D. Maria, por terem me recebido sempre de portas abertas e me amparado como uma verdadeira família quando precisei. A vocês minha eterna gratidão.

As amigas que sempre trago comigo Maria Thereza e Taise, agradeço pelo apoio em momentos de desespero, e peço desculpas por toda a ausência neste tempo.

A todos do LapiG-UFG pela ajuda com os trabalhos de geoprocessamento, em especial ao Prof. Dr. Manoel Eduardo Ferreira, Genival, o Sílvio, Ariele e Baiano.

A todos do laboratório de Secagem da Engenharia Agrícola – UEG, pela ajuda intelectual e pela companhia no dia-a-dia.

A Capes pela ajuda financeira sem a qual este trabalho não seria possível, ao CNPq (processo563834/2010-2) e a FAPEG (AUX 31/10) pelo apoio financeiro dado ao projeto executado, e ao PME A pela oportunidade de cumprir esta etapa.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste projeto, o meu muito obrigado.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	viii
ABSTRACT.....	ix
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
CAPÍTULO 1 - LITERATURA CIENTÍFICA GLOBAL DE ESTUDOS SOBRE ÍNDICES DE QUALIDADE DA ÁGUA .....	1
2 LITERATURA CIENTÍFICA GLOBAL DE ESTUDOS SOBRE ÍNDICES DE QUALIDADE DA ÁGUA .....	5
RESUMO .....	5
ABSTRACT .....	5
2.1 INTRODUÇÃO .....	7
2.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	10
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	12
2.5 CONCLUSÃO .....	19
2.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	20
3.1 INFLUÊNCIA DO IMPACTO HUMANO E DAS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS NA ESTRUTURA LIMNOLÓGICA DE LAGOAS DE INUNDAÇÃO DO BRASIL CENTRAL.....	25
RESUMO .....	25
ABSTRACT .....	25
3.1 INTRODUÇÃO .....	27
3.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	29
3.2.1 Área de estudo .....	29
3.2.3 Impacto Humano.....	31
3.2.4 Variáveis climáticas.....	32
3.2.5 Variáveis espaciais .....	32
3.2.6 Análise de dados.....	33
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	35
3.5 CONCLUSÃO .....	44
3.6 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	45
4. CONCLUSÃO .....	49
5. APÊNDICE .....	51

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Modelos gerados e os números de AICc encontrados para as combinações das variáveis: Saneamento (S), Abastecimento (A), PIB (P) e IDH (I). .....	16
Tabela 2 - Importância de cada variável e o coeficiente de importância. ....	17
Tabela 3- Métodos utilizados para obtenção das variáveis limnológicas nas lagoas estudadas.....	30
Tabela 4- Valores encontrados para as variáveis limnológicas das lagoas amostradas. ... <b>Erro! Indicador não definido.</b>	
Tabela 5 - Valores encontradas para explicar a estrutura limnológica das lagoas, de acordo com: (a) puramente o clima, (b) puramente o impacto humano, (c) puramente o espaço, (D) clima+impacto humano, (e) impacto humano+variáveis espaciais, (f) clima+variáveis espaciais, (g) clima+impacto humano+ variáveis espaciais, e (h) os resíduos.....	42
Tabela 6 -Variáveis limnológicas encontradas em 30 lagoas do Médio Rio Araguaia. Onde: Cond.=Condutividade Elétrica, T(°C)=Temperatura da água, Turb.=Turbidez, STD=Sólidos Totais Dissolvido, Tp.= Transparência, S. Ox.=Saturação de Oxigênio, Prof.= Profundidade, .....	51

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 - Número de artigos publicados entre 1974 e 2011.....	12
Figura 2 - Número de artigos publicados nos principais países. ....	13
Figura 3- Dez principais revistas que mais publicam sobre o tema. ....	14
Figura 4 - Bacia hidrográfica Tocantins-Araguaia com os pontos geográficos de cada lagoa analisada. .....	30
Figura 5- Análises dos componentes principais das variáveis limnológicas para as trinta lagoas de inundação do médio Rio Araguaia. ....	37
Figura 6 - Correlograma espacial do primeiro eixo da PCA das variáveis limnológicas das 30 lagoas das planície de inundação do médio Rio Araguaia para o mês de janeiro de 2012.....	38
Figura 7 - Distribuição do uso do solo para as 30 lagoas da planície de inundação do médio Rio Araguaia para o mês de maio de 2011.....	39
Figura 8 - Valores da Human Footprint obtidos para as 30 lagoas da planície de inundação do médio Rio Araguaia. ....	40
Figura 9 - Correlograma espacial das variáveis de uso do solo das 30 lagoas da planície de inundação do médio Rio Araguaia para o mês de maio de 2011.....	41
Figura 10 - Correlograma espacial das variáveis climáticas das 30 lagoas da planície de inundação do médio Rio Araguaia. ....	41



## RESUMO

A caracterização de ambientes aquáticos é de grande relevância para a pesquisa científica e para a destinação do uso da água. A humanidade se desenvolveu ao longo de grandes rios, onde possuíam o abastecimento hídrico para a população e a água necessária para a agricultura. A água conseqüentemente começou a ser vinculada a doenças, e estudos que a caracterizasse começaram a ser desenvolvidos. A pesquisa sobre qualidade de água teve um grande avanço no século XX. A criação de legislações para conservação de corpos hídricos e de parâmetros limites para abastecimento público fez com que esta área se desenvolvesse. Ainda assim, em ambientes tropicais, os estudos voltados para limnologia são poucos. O primeiro capítulo deste trabalho busca realizar um estudo da arte sobre qualidade de água, utilizando técnicas de cienciometria. Neste capítulo é evidenciado que a pesquisa sobre qualidade de água cresceu a partir de 1990. Os países que mais publicam são a Índia, a China, o Brasil e os Estados Unidos. A publicação destes países é influenciada pela sua infraestrutura (saneamento e abastecimento) e por seu Produto Interno Bruto (PIB). Grande parte dos estudos é voltada para o abastecimento público e a caracterização limnológica de rios. Áreas como planícies de inundação e estudos com ETE/ETA são pouco encontrados. O segundo capítulo é a caracterização limnológica e do uso do solo de trinta lagoas distribuídas ao longo da planície de inundação do Rio Araguaia - Brasil Central e a definição de quais variáveis são mais relevantes para a determinação da estrutura limnológica encontrada. As lagoas analisadas apresentaram padrões limnológicos de ambientes naturais preservados, com baixa taxa de conversão de uso do solo. Através da análise estatística ficou evidenciado que o clima é o fator que interfere na água destas lagoas. O uso do solo, para este trabalho, não atuou significativamente nas características da água. Através do Índice de Moran foi observado que existe a correlação espacial entre as lagoas de inundação para a estrutura limnológica e para o clima, o que significa que lagoas mais próximas possuem características mais parecidas que lagoas mais distantes. Para o uso do solo não foi detectado padrão espacial de distribuição.

**Palavras-chaves:** qualidade de água; clima; planície de inundação.

## ABSTRACT

The characterization of aquatic environments it is of great importance for scientific research and for the allocation of water use. Mankind has developed along major rivers, where they owned the water supply to the population and the water needed for agriculture. The water thus started to be linked with diseases and studies that characterize water began to be developed. Research on water quality was a major breakthrough in the twentieth century. The creation of laws for conservation of water bodies and the determination of parameters for public water supply and water use caused a development on this field of science. Likewise, in tropical environments, studies focused on limnology are scarce. The first chapter of this study aimed to conduct a study of the art of water quality, using scientometrics techniques. In this chapter was shown that research on water quality has grown since 1990. The countries that have more published studies were India, China, Brazil and the United States. The publication of these countries was influenced by infrastructure (supply and sanitation) and Gross Domestic

Product (GDP). Most studies are focused on the utility and limnological characterization of rivers. Areas such as flood plains and studies with Wastewater Treatment Plants (WTP) and Water Treatment Stations (WTS) are not found. The second chapter consists in the characterization limnological properties and in the land use of thirty lakes distributed along the floodplain of the Araguaia River and in the definition of which variables are most relevant to the determination of the founded limnological structure. The lakes studied showed patterns of limnological preserved natural environments. The sampled lakes had low conversion rate, being generally preserved. Through statistical analysis it was evident that the weather is the factor that interferes in the water from these lakes. The land use for this study, do not influence significantly on the characteristics of the water. Through the Moran index, it was observed that there is a spatial correlation between floodplain lakes for limnological structure and climate, which means that closest lakes possess more similar characteristics than more distant lakes. For the land use it was not detected spatial pattern of distribution.

**Keywords:** Water quality; climate; floodplain.

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A água é um recurso natural essencial ao desenvolvimento econômico, ao bem estar social e para a manutenção da vida em nosso planeta (FOLLADOR, 2010). É um bem renovável e está relacionada a vários aspectos do desenvolvimento da vida humana, influenciando na agricultura, nas atividades industriais e no abastecimento público. É ainda considerada como meio de vida de todas as espécies e um componente bioquímico, cobrindo 70% da superfície do planeta (LIBÂNIO, 2008).

Aproximadamente 97,5% da água do planeta é salgada, e compõe oceanos e mares, e apenas 2,5% é de água doce (DERÍSIO, 2007). Estima-se que 68,9% da água doce estão armazenados em calotas polares e em geleiras e 29,9% são armazenadas de forma subterrânea. De forma que acessível ao homem, disponível em lagos e rios, é possível encontrar apenas 0,3% de água doce, representando 0,007% da água total do planeta. Estes dados evidenciam como é reduzida a parcela de água disponível para o consumo humano (LIBÂNIO, 2008).

Devido à má distribuição da água e a perspectiva de escassez de água em muitos países é possível afirmar que a qualidade da água se torna relevante para a manutenção do abastecimento público e para a conservação de ecossistemas de água doce, considerados hoje os ecossistemas mais ameaçados pelas ações antrópicas (ESPEJO et al., 2012).

A qualidade da água é representada por características físicas, químicas e biológicas (NIEWEGLOWSKI, 2006). Essas características dentro de certos limites viabilizam determinados usos, como o uso para consumo humano, agricultura e mesmo as atividades industriais (ESPEJO et al., 2012, WU et al., 2012). Os valores obtidos para os diversos parâmetros que definem o estado da água delimita o tipo de uso quanto a sua qualidade e classifica a situação dos corpos hídricos, como na Resolução Conama 357/2005.

A qualidade da água é resultado de fenômenos naturais e da atuação do homem, sendo o tipo de uso e o manejo do solo determinante para a manutenção da qualidade da água em bacias hidrográficas (TOLEDO e NICOLLELA, 2006). As alterações no uso do solo e na cobertura vegetal estão diretamente relacionadas com vários problemas ambientais, que dependendo do tamanho do impacto causa alterações locais, regionais e globais nos ecossistemas (SAWAKUCHI, 2010). Além disso, os efeitos das mudanças climáticas globais

incrementam a alteração nos regimes climáticos em diversos níveis (IPCC, 2007; TONOLLA et al., 2010).

As ações antrópicas também são responsáveis por danos aos sistemas hídricos, como a contaminação por agentes poluentes, o assoreamento por erosões e a redução da biodiversidade aquática, atuando nas características físicas e bioquímicas das águas (ESPEJO et al., 2012; TRAUTWEIN, SCHINEGGER e SCHMUTZ, 2012). A pressão que as ações antrópicas têm causado nos corpos hídricos e os efeitos que estão causando são dois temas muito estudados atualmente (WU et al., 2012).

No Brasil, na década de 1970 iniciou-se a expansão agrícola nas áreas menos desenvolvidas do país, levando a ocupação humana e o avanço agrícola a áreas antes preservadas (SAWYER, 2008). Esta expansão foi apoiada pelo desenvolvimento da malha viária e pelo potencial hidrelétrico.

A conversão de áreas preservada em antropizadas já atingiu grande parte do bioma Cerrado, gerando um grande misto de áreas para agropecuária e áreas preservadas (SAWAKUCHI, 2010). Vários são os trabalhos realizados para mapear a taxa de conversão, mas o uso de diferentes métodos e de diferentes imagens disponíveis por satélites não permite que um número exato e de consenso entre os pesquisadores seja obtido. É estimado que a taxa de conversão esteja atualmente entre 40% e 53% (FERREIRA et al., 2007).

As consequências a médio e longo prazo para os ecossistemas desta região são ainda pouco conhecidas, entretanto alguns estudos estão sendo realizados para detectar danos advindos destas alterações e que atingem as grandes bacias hidrográficas presentes neste bioma (COE et al., 2011; CASTRO, 2005).

O objetivo geral deste trabalho é compreender a literatura científica sobre qualidade da água e ainda avaliar a distribuição espacial da estrutura limnológica de 30 lagoas da planície inundável do Médio Araguaia e avaliar a importância relativa do uso do solo, das variáveis climáticas no Índice de Qualidade de Água (IQA) e do espaço nas estruturas limnológicas encontradas.

Diante deste objetivo, este trabalho é composto por dois artigos. O primeiro artigo tem o objetivo de analisar como a pesquisa sobre a qualidade de água tem se comportado no cenário da pesquisa internacional. Para se realizar esta análise foram utilizadas técnicas cienciométricas. Tais técnicas buscaram esclarecer vários parâmetros importantes para o desenvolvimento da gestão de recurso hídricos, como quais países possuem mais trabalhos sobre o tema e como fatores econômicos e de infraestrutura interferem na pesquisa científica sobre a qualidade da água; quais tipos de ambientes estão sendo estudadas e com qual enfoque

(proteção ambiental, abastecimento, monitoramento de rios, etc.), e se estão sendo desenvolvidos novos métodos de abordagem.

Este artigo visa contribuir com toda a comunidade científica, disponibilizando dados para pesquisadores e gestores. Ele será submetido ao periódico *Water Research*.

O segundo artigo foi realizado nas lagoas formadas ao longo da planície aluvial que compõe o Médio Araguaia. O objetivo foi caracterizar limnologicamente 30 lagoas e o uso do solo no entorno de cada lagoa, e a partir destes dados, determinar se existe uma dependência espacial das variáveis limnológicas, através do Índice de Moran, e determinar quanto de cada variável coletada explica a estrutura limnológica encontrada, através de uma regressão múltipla.

As ações antrópicas estão gerando cada vez mais impacto e em diferentes ambientes aquáticos (WEN et al., 2012; KARA et al., 2012; JORDAN et al., 2012; LATRUBESSE et al., 2009). As planícies de inundação são ambientes muito sensíveis e que estão em constante ameaça em vários países (BRINSON e MALVÁREZ, 2002). Estes são ambientes que possuem características próprias e funcionam como verdadeiros berços de biodiversidade para os grandes rios (CIZKOVÁ et al., 2011; CHALUPOVÁ et al., 2012). Em muitos lugares, a ocupação humana e as atividades agrícolas já substituíram extensas áreas de inundação como na Austrália, Europa e América do Norte e este processo continua ocorrendo e se expandindo para outras regiões como América do Sul (HUDSON et al., 2006; CHALUPOVÁ et al., 2012).

Portanto, o estudo da limnologia destes ambientes e a obtenção dos fatores que influenciam de forma direta nestes sistemas ecológicos se fazem necessário. Colaborando com estudos de caracterização em ambientes de inundação ainda preservados como este no Brasil. Este artigo será encaminhado a um periódico visando a sua publicação.

A partir desta dissertação espero contribuir positivamente com a comunidade científica local e internacional, apresentando resultados relevantes para duas áreas dos recursos hídricos, a qualidade da água e o estudo em áreas de inundação. Espero, com a publicação deste trabalho, contribuir com a pesquisa científica em meu país.

**CAPÍTULO 1 - LITERATURA CIENTÍFICA GLOBAL DE ESTUDOS SOBRE ÍNDICES DE  
QUALIDADE DA ÁGUA**

## 2 LITERATURA CIENTÍFICA GLOBAL DE ESTUDOS SOBRE ÍNDICES DE QUALIDADE DA ÁGUA

Maria Tereza Ribeiro Alves<sup>1</sup>

João Carlos Nabout<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Goiás – UEG/UnUCET/BIOECOL

Caixa Postal 459, 75132-400

terezaengenhariafl@hotmail.com; jcnabout@gmail.com

**RESUMO:** A qualidade da água tem sido tema de muitos estudos atualmente. A degradação dos corpos hídricos e a insegurança que muitos países começam a sofrer pela futura escassez de água, tem gerado a necessidade cada vez maior de estudos referentes ao tema. Com o intuito de investigar a qualidade de água, parâmetros físicos, químicos e biológicos da água são utilizados para este fim. A combinação de vários parâmetros resumido em um único valor tem sido uma alternativa para trazer o conhecimento a gestores e o público em geral. São os chamados Índices de Qualidade de Água (IQA). O objetivo deste trabalho foi avaliar, através de técnicas cienciométricas, como a literatura científica internacional tem se comportado com relação à aplicação dos índices de qualidade de água. Os seguintes parâmetros foram analisados i) Tendência temporal no número de artigos sobre qualidade de água; ii) quantificar as revistas e os países de estudos; iii) investigar os determinantes da produção científica sobre qualidade de água nos países iv) o ambiente aquático e o uso da água estudada; v) o método de avaliação da qualidade da água e se usado IQA, qual IQA foi usado; vi) se o estudo foi descritivo ou teórico, qual o formato da publicação; vii) e se foi considerado eficaz. Os resultados indicaram que o país que mais publica sobre o tema é a Índia e que a revista com o maior número de publicações também é do mesmo país. O tipo de água mais estudado são as águas para abastecimento público, juntamente com os rios e lagos. Os fatores que influenciam diretamente as publicações sobre qualidade de água são o abastecimento e o saneamento.

**Palavras-Chaves:** Cienciométrica, NSF, saneamento.

**ABSTRACT:** Water quality has been the subject of many studies. The degradation of water bodies and the insecurity that many countries are beginning to suffer for the future water scarcity, has led to an increasing need for studies on this issue. The combination of various parameters summarized in a single number has been an alternative to bring knowledge to managers and the general public. They are called Water Quality Indexes (WQI). In addition to these indexes, there is the approach which considers the chemical, physical and biological variables of water, analyzing them separately. The aim of this study was to evaluate, through scientometrics techniques, how the international scientific literature has been acting about the water quality. We analyzed the following parameters : i) Temporal trend in the number of articles on water quality, ii) quantify the journals and the countries of the studies, iii) investigate the determinants of the scientific production on water quality in countries iv) the aquatic environment and the use of the studied water v) evaluate the method of water quality and if the researchers used WQI, and which WQI was used, vi) whether the study was

descriptive or theoretical, what was the format of the publication, vii) and if the study was considered effective. The results indicated that the country that publishes on the subject is India and that the magazine with the largest number of publications is also the same country. The most studied type of water is the water for public supply, along with rivers and lakes. The factors that directly influence the quality of publications on water supply and sanitation are.

**Key-words:** Scientometrics, NSF, sanitation



## 2.1 INTRODUÇÃO

A qualidade da água tem sido tema de muitos estudos atualmente (MAGESH e CHANDRASEKAR, 2011; SINGH et al., 2011; PANDEY et al., 2012), principalmente diante da sua escassez e má distribuição. Desde tempos antigos a quantidade e a qualidade da água foram motivos de preocupação para as civilizações, podem-se citar os Egípcios (3.200 a.C.), que além de construir barragens escalonadas no Rio Nilo para garantir o abastecimento da água, já veiculavam a transmissão de doenças a água e utilizavam meios de filtragem (AZEVEDO NETO, 1984).

Na atualidade, a qualidade da água tem ganhado destaque devido às pressões das ações antropogênicas em corpos hídricos (TERRADO et al., 2010; ESPEJO et al., 2012; PFISTER et al., 2011). Países começam a enfrentar dificuldades com o abastecimento de sua população, com a disponibilidade de água para a produção de grão e com a disponibilidade de água para indústria devido à falta de manejo estruturado dos recursos hídricos (KHARRAZ et al., 2012; MONTESINOS et al., 2011; PFISTER et al., 2011). Diante disso a literatura científica sobre aproveitamento da água e as consequências que as ações do homem têm causado a este recurso tem aumentado e evoluído em publicações (KUMAR e SING, 2012; PASSIORA, 2006; MOJID, BISWAS e WYSEURE, 2012).

Além da pouca água disponível naturalmente para alguns países, a falta de um manejo adequado para os recursos hídricos já apresenta seus resultados há algum tempo e muitos países já enfrentam problemas com a falta de água. Pode-se citar o Kuwait, Israel, Jordânia, Arábia Saudita, Líbia, Iraque, Bélgica, Argélia, Cabo Verde, Etiópia, Hungria, México, Estados Unidos, França e Espanha (KHARRAZ et al., 2012).

A atividade agrícola é responsável atualmente por 69% de toda água captada no mundo, por meio do uso da água para irrigação, seguida pelas atividades industriais com 21% e pelas atividades domésticas com 10% (LIBÂNIO, 2008). Esta grande necessidade da água para a produção de grão tem gerado muita preocupação com a segurança alimentar dos países (PASSIORA, 2006; KUMAR e SINGH, 2012).

No intuito de melhorar ou manter a qualidade da água que é disponível para uso humano, várias são as legislações que estão sendo criadas para manter este bem (TERRADO et al., 2010). A qualidade da água é mensurada por meio de vários parâmetros, como turbidez,

oxigênio dissolvido, nitrogênio, entre outros (SWANEE e TYAGI, 2007). Uma forma de simplificar está interpretação foi à criação de Índices de Qualidade de Água (IQA) (LUMB, SHARMA e BIBEAULT, 2011). Os índices de qualidade de água são criados de forma a permitir a comparação de diferentes locais e em diferentes espaços de tempo, em termos de degradação de qualidade da água e dos corpos hídricos (ESPEJO et al., 2012).

A primeira tentativa de desenvolver um índice de qualidade de água foi na Alemanha em 1948, quando pesquisadores relacionaram níveis de poluição com determinadas comunidades de organismos (peixes, organismos bentônicos e plantas). Posteriormente, o pesquisador alemão chamado Horton desenvolveu o Índice de Qualidade de Água de Horton, em 1965. Este índice foi utilizado em um programa de redução de poluição e para a informação da população em geral (LUMB et al., 2011).

Um importante e muito utilizado IQA foi desenvolvido pela National Sanitation Foundation dos Estados Unidos (NSF), em 1970. Foi desenvolvido por meio de uma pesquisa onde foram determinados nove parâmetros mais importantes para a obtenção da qualidade geral da água, sendo eles: Oxigênio Dissolvido, Turbidez, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Coliformes Fecais, Condutividade Elétrica, Potencial Hidrogênico (pH) e Sólidos Totais (LUMB et al., 2011). Como índices gerais de qualidade podem-se citar ainda o índice de poluição implícito de Prati (PRATI et al. 1971), o índice de poluição de McDuffie e Haney, (MCDUFFIE e HANEY, 1973) e o sistema de contabilidade social de Dinius (DINIUS, 1972).

Além dos diversos índices já desenvolvidos, outra abordagem é a análise conjunto de variáveis químicas, físicas e biológicas da água, utilizando análises de ordenamento (SINGLA, PANDEY e AGGARWAL, 2011; WE, TAN e DU, 2011; FAN, KO e WANG; 2010; KAKATI e SARMA, 2010) Essa abordagem se opõe ao uso dos índices, pois para muitos autores não é possível definir um indicador de qualidade de água único e padronizável para os sistemas hídricos, devido às características de cada ambiente (ESPEJO et al., 2012; SWANEE e TYAGI, 2007; LUMB, SHARMA e BIBEAULT, 2011). Não existe um consenso na literatura científica sobre qual abordagem (índice ou ordenação de variáveis) é mais robusta.

Baseado na necessidade de um bom direcionamento da gestão dos recursos hídricos, este trabalho se propôs a analisar como o cenário da pesquisa internacional tem se comportado em relação à determinação da qualidade de água e o uso de IQA. Para isso, usamos técnicas de cienciométrica como forma de quantificar a produção científica sobre IQA.

A cienciometria permite quantificar o desenvolvimento de uma determinada área de estudo e mostrar à sociedade como essa área tem contribuído para resolver problemas e com o desenvolvimento de tecnologias (LIMA-RIBEIRO et al., 2007), em linhas gerais a cienciometria caracteriza o estado da arte de um campo da ciência. Essa caracterização é importante para compreender os vieses e direcionamentos futuros de uma área da ciência. A cienciometria tem sido utilizada para avaliar o direcionamento de vários campos das ciências, tais como estudos sobre mudanças climáticas globais (NABOUT et al. 2012), estudos sobre biodiversidade e funcionamento de ecossistemas (CALIMAN et al., 2010) e estudos sobre macrófitas (PADIAL et al., 2008).

Portanto, o objetivo deste trabalho foi investigar a literatura científica global de artigos sobre qualidade da água, utilizando técnicas cienciométrica para compreender as tendências e os vieses desse campo de pesquisa. Dessa forma, buscou investigar: i) Tendência temporal no número de artigos sobre o tema; ii) quantificar as revistas e os países de estudos; iii) investigar os determinantes da produção científica sobre qualidade de água nos países; iv) classificar o ambiente aquático e o uso da água estudada; v) o método de avaliação da qualidade da água e se usado IQA, qual IQA foi usado; vi) se o estudo foi descritivo ou teórico, qual o formato da publicação; vii) e se foi considerado eficaz.

## 2.2 MATERIAL E MÉTODOS

Para a análise quantitativa das publicações sobre IQA, foi utilizada para pesquisa a base de dados SCOPUS (<http://www.scopus.com>). A busca foi realizada com o termo “WATE\* QUALIT\* INDEX” em documentos publicados entre 1974 a 2011. Este termo foi buscado nas palavras-chave, no título ou no resumo dos artigos. O uso de asterisco para o termo significa que diferentes variações no final das palavras são válidas. A busca foi a partir de 1974, pois a partir deste ano houve o crescimento da indexação dos artigos na base de dados SCOPUS. Os dados foram coletados em fevereiro de 2012.

Em cada artigo obteve-se, sempre que possível, os seguintes dados: a) o ano de publicação, b) o país ou região onde foi realizado o estudo, c) o tipo de ambiente aquático da pesquisa, d) revista, e) o tipo de uso da água, f) método de avaliação da qualidade da água, g) qual o tipo de IQA, quando utilizado, h) o tipo de estudo, e i) se o método utilizado foi considerado eficaz para a determinação da qualidade da água. Para esse último item, considerou-se eficaz aqueles estudos em que o autor descreveu a eficiência do método utilizado.

Para definir o país de origem (item b) foi observado em qual país foi desenvolvido o estudo. A classificação dos ambientes estudados (item c) foi de acordo com o local coletado. Foi dividido, portanto em: aquífero, lençol freático, poço artesiano, rio, represa ou reservatório, lagos e planícies de inundação. Os lagos costeiros, quando encontrados, foram inseridos na divisão lagos.

A definição quanto ao uso das águas (item f) estudadas foi realizada de acordo com a seguinte classificação: água para captação e abastecimento público, água de reuso, água para abastecimento agrícola (irrigação), água de cultivo para peixes e de frutos do mar e estudos realizados em águas de Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) e Estações de Tratamento de Água (ETA).

O tipo de estudo (item h) foi definido como: descritivo, aqueles trabalhos que analisavam as características das águas ou dos locais onde foi realizada a coleta, e como teóricos aqueles trabalhos que tratavam do desenvolvimento de novos índices. E se o autor considerou eficaz ou não a sua pesquisa para a determinação da qualidade da água (item i).

Na análise de dados usou-se estatística descritiva e testes de correlação de Pearson ( $P < 0,05$ ). A análise de correlação de Pearson foi usada para avaliar a tendência tempo, na relação entre número de artigos e ano de publicação.

Para investigar os determinantes da produção científica dos países foram gerados modelos de regressão múltipla. A variável resposta é o número de artigos por país, e as variáveis explanatórias, também obtidas por países foram: porcentagem de saneamento no país, porcentagem de abastecimento público, o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) e o Produto Interno Bruto (PIB). Estas variáveis foram coletadas por meio de dados disponibilizados pela Organização das Nações Unidas (<http://www.un.org/en/>, acesso em 15/08/2012). A inclusão dessas variáveis é baseada nas seguintes expectativas: países que tenham mais artigos sejam aqueles com menores níveis de saneamento e abastecimento, isso por terem maior necessidade de estudar sobre a qualidade da água; e os países que mais publicam são aqueles que têm maior IDH e maior PIB, pois deve refletir no maior investimento em pesquisa (NABOUT et al., 2010).

Foram criados quinze modelos utilizando essas quatro variáveis. Eles foram comparados de acordo com o Critério de Informação de Akaike (AIC), no qual o menor valor encontrado para AIC indica o melhor modelo (BURHMAN e ANDERSON, 2002). Objetivando reduzir a dimensionalidade dos dados as variáveis foram transformadas, no qual as variáveis IDH e saneamento utilizaram a transformação da raiz quadrada do Arccoseno, enquanto as variáveis PIB e abastecimento foram logaritmizadas.

### 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O uso das análises cienciométrica para avaliar como a pesquisa de determinada área científica se comporta tem obtido cada vez mais enfoque de pesquisadores, de tal forma que isto pode ser evidenciado em trabalhos direcionados a ecologia de populações (LIMA-RIBEIRO et al., 2006), métodos filogenéticos (CARVALHO, DINIZ-FILHO e BINI, 2005), mudanças climáticas (NABOUT et al. 2012), limnologia (MELO, BINI e CARVALHO, 2006; WISHART e DAVIS, 2002) e em estudos sobre fitoplâncton (CARNEIRO, NABOUT e BINI, 2008). Estes e outros trabalhos têm evidenciado o aumento progressivo da produção de artigos científicos (NABOUT, BINI e DINIZ-FILHO, 2010).

Neste trabalho, foram encontrados 554 artigos que tratavam do uso de IQA entre os períodos de 1974 a 2011. O primeiro artigo sobre IQA data de 1974, nos Estados Unidos (WALSKI e PARKER, 1974) o artigo propõe um novo índice para rio Nashville, Tennessee. Desde então o número de publicações sobre o tema aumentou significativamente ( $r=0,7148$ ;  $p=0.0000005$ ) e obteve o maior número de publicação em 2011, com 98 artigos publicados (Figura 1).

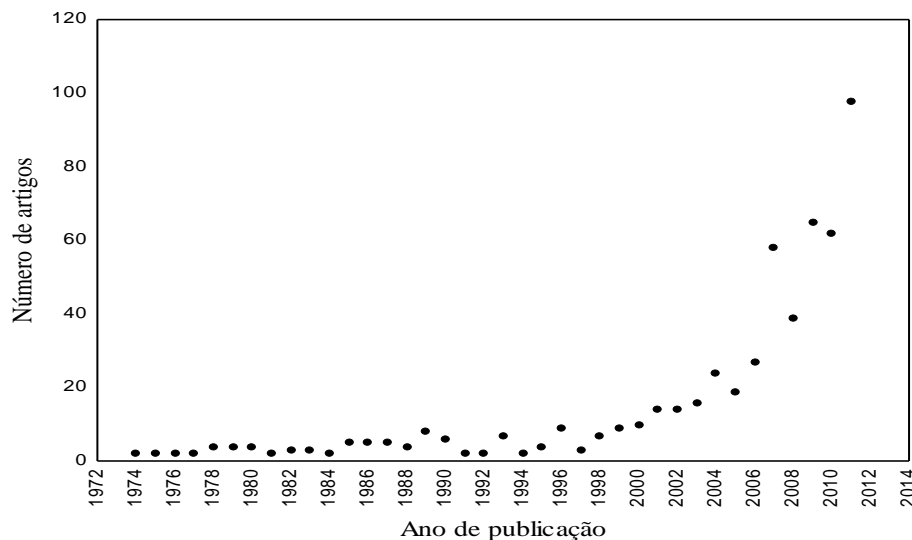


Figura 1 - Número de artigos publicados entre 1974 e 2011.

O aumento sobre artigos relacionados à qualidade de água pode ser explicado pela a preocupação com a manutenção dos recursos hídricos (ESPEJO et al., 2012). A questão sobre qualidade de água tem ganhado cada vez mais destaque no cenário mundial. Uma demonstração disso são as Diretivas do Quadro da Água da União Europeia (*European Water Framework Directive*). Esta legislação foi criada em 2000 a fim de recompor os corpos

hídricos degradados, e regular as próximas atividades que envolvam a água até 2015 (DIMITRIOU et al., 2012; BORJA et al., 2012; TERRADO et al., 2010). Esta preocupação tem envolvido também muitos países que passam por escassez atual ou pela perspectiva de uma futura escassez de água, como é o caso da China e Índia, colocando em risco a segurança alimentar e o abastecimento público (SINGH et al., 2011; WU et al., 2012).

A difusão das legislações de controle de poluição e de manutenção da qualidade das águas, com o objetivo de preservar os recursos hídricos, tem sido uma medida adotada em muitos países (ESPEJO et al., 2012; BELTRAMI et al., 2012; RAHMAN e ISHIGA, 2012). Tais determinações criam a necessidade de estudos que ajudam na execução destas leis, gerando o interesse em pesquisadores e o aumento da produção científica.

Considerando o local de estudo, 84% dos artigos apresentaram o local em que foi realizado o estudo. O país onde é realizada a maior parte dos estudos sobre o tema é a Índia, com 177 artigos (38% do total de artigos), seguido pela China (45 ou 9,6% do total de artigos), o Brasil (26 ou 5,5% do total de artigos) e os Estados Unidos (21 ou 4,5 % do total de artigos). Estes quatro países possuem juntos 57% da produção científica global sobre índices de qualidade de água (Figura 2).

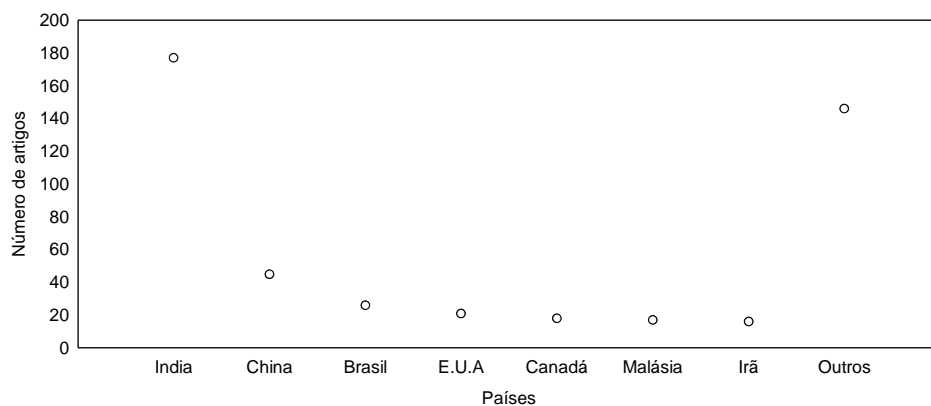


Figura 2 - Número de artigos publicados nos principais países.

A Índia, em sua zona rural e em locais mais isolados, começa a enfrentar uma crise de escassez de água, gerando à alta dependência das águas subterrâneas para o abastecimento público e agrícola (MAGESH e CHANDRASEKAR, 2011). Em regiões áridas e semiáridas, devido a pouca chuva nas monções, a dependência de águas subterrâneas é maior, o que tem ocasionado perdas anuais em aquíferos (MOJID, BISWAS e WYSEURE, 2012). Este fator pode estar influenciando a produção científica neste país, devido a crescente necessidade de um plano de manejo de águas.

A distribuição de água no planeta é tão irregular quanto à distribuição demográfica (LIMA, 2001). A humanidade se desenvolveu as margens de grandes rios e lagos, pela enorme necessidade da água em todas as suas atividades. Além disso, a população mundial não cresceu de forma igualitária em todos os lugares. Países como China e Índia se destacam pela enorme concentração de pessoas (WORLD POPULATION MONITORING, 2004). São países extensos em território, mas até mesmo um bem renovável como a água precisa de um manejo adequado para evitar a sua escassez e manter a qualidade para consumo (MOJID, BISWAS e WYSEURE, 2012). Apesar da sua grande extensão, a Ásia comporta apenas 32% do total de água doce disponível ao uso humano (LIBÂNIO, 2008), o que reforça mais ainda a importância desse recurso nessa região.

Apesar de 250 revistas terem publicado sobre IQA, apenas 20 revistas se destacaram com o número de publicações mais expressivo, sendo 44% de todas as publicações sobre IQA. A revista que mais publica é a *Indian Journal of Environmental Protection* (45 artigos), seguida da *Environmental Monitoring. and Assessment*. (35 artigos) (Figura 3).

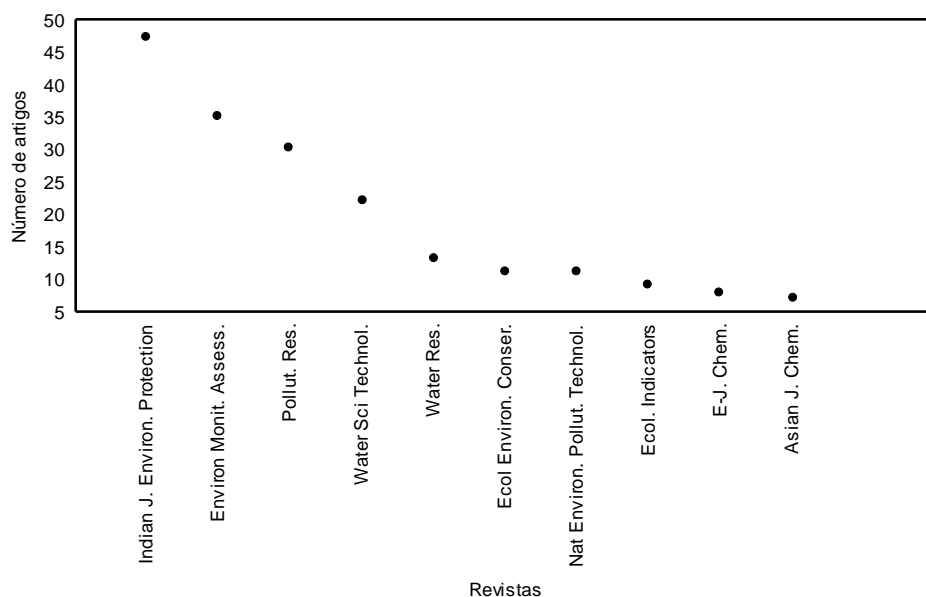


Figura 3- Dez principais revistas que mais publicam sobre o tema.

A grande maioria das revistas que se destaca em publicações sobre o tema está ligada a área de estudos das águas, de conservação ambiental e de engenharia. A revista que apresentou o maior número de artigo sobre o tema investigado foi *Indian Journal of Environment Protection*, que possui grande parte da sua produção com estudos voltados aos ambientes aquáticos indianos, estudos locais e que também afetou o número de artigos nos diferentes países. Foram publicados 177 artigos a respeito das águas indianas, com



diferentes enfoques, tais como ambientes costeiros (JAYACHANDRAN e NANDAN, 2012); águas subterrâneas (MAGESH e CHANDRASEKAR, 2011; SINGH et al., 2011) e reuso de efluentes (MOJID, BISWAS e WYSEURE, 2012).

Para as águas subterrâneas os poços artesianos possuem 10%, os lençóis freáticos 9% e os aquíferos 3% de todas as publicações. Os rios possuem a grande maioria de estudos com água superficial com 56% dos estudos, lagos 10%, as áreas de inundação 3% e os reservatórios/represas 9% dos artigos.

A maior parte dos estudos avaliou a água para o abastecimento público com 62% e o abastecimento agrícola com 16% de artigos, as águas de reuso 11%, as águas de ETE/ETA 6%, águas utilizadas para o cultivo de peixes e frutos do mar 5%.

Para o uso da água, o grande número de trabalhos que envolvem o abastecimento público e o abastecimento agrícola se destaca. A alta produção de artigos em águas de abastecimento pode ser explicada pelas alterações ocorridas ao longo do século XX no abastecimento público (LUMB, SHARMA e BIBEAULT, 2011). A qualidade da água está diretamente relacionada com a saúde pública, portanto torna-se necessário estabelecer valores limites para algumas substâncias. Com isso os países aos poucos foram instituindo suas legislações de qualidade de água para abastecimento. Estas normas geraram a necessidade de um constante monitoramento das águas e constantes estudos. Muitas regiões são monitoradas com espaços de tempo definidos para que haja o acompanhamento e manutenção da qualidade dos corpos hídricos (ESPEJO et al., 2012).

O uso da água no abastecimento agrícola se deve principalmente a irrigação e a produção de grãos (KUMAR e SINGH, 2012). A irrigação tem sido a solução em muitas áreas que não conseguiam produzir por não ter um regime hidrológico adequado às grandes culturas. Com a aplicação deste método áreas improdutivas são eficientes atualmente, permitindo ainda a produção de até três safras anuais (HANJRA e QURESHI, 2010). Com isso vários países se utilizam de suas águas subterrâneas em uma quantidade alta para suprir esta demanda, o que já começa apresentar efeitos negativos, tais como a escassez de água e a perda na reposição de água subterrânea (SINGH et al., 20011; MOJID, BISWASA e WYSEURE, 2012). O número de artigos que caracterizam a qualidade da água para a irrigação evidencia que o manejo adequado das águas na agricultura é uma das preocupações dos pesquisadores.

Destacam-se como ambientes mais estudados os rios e lagos. Nestes ambientes estão grande parte da água doce disponível à população. É possível citar grandes rios que abastecem grandes regiões como o Nilo, que passa por dez países, e o Amazonas, que corta nove países

da América do Sul (TUNDISI, 2008). Os rios são considerados corpos hídricos mais vulneráveis a poluição (ESPEJO et al., 2012), além disso muitos deles são poluídos devido às ações antrópicas (BHARDWAJ e SINGH, 2011). Estes fatores explicam a grande quantidade de estudo relacionada a estes ambientes.

A maioria dos estudos foi caracterizada como descritivos com 80%, ou seja, aplicando índices já estabelecidos, enquanto que 20% dos artigos propunham novos índices desenvolvidos para diferentes ambientes e de acordo com as necessidades de cada país. Dos trabalhos que apresentaram resultados sobre a eficácia de seu método para a caracterização da qualidade da água, 97% consideraram eficientes e apenas 3% considerou o resultado ruim e inexpressivo para os problemas das águas. O IQA mais utilizado nos artigos foi O IQA criado pela *National Sanitation Foundation* com 23% de todos os estudos com o uso de IQA.

Foram gerados 15 modelos para explicar o número de publicação por local de estudo, ou seja, o país onde foi realizada a coleta da água estudada. Pelo AIC foi possível observar que o melhor modelo para explicar o número de publicação por país foi o modelo que combina Saneamento e Abastecimento Público, seguido do modelo que combina Saneamento, PIB e IDH (Tabela 1). É importante ressaltar que os cinco primeiros modelos são bons, pois possuem um Delta AICc < 2 (BURHMAN e ANDERSON, 2002). Além disso, é possível inferir que a variável explicativa saneamento possui a maior importância dentre as variáveis, seguido do PIB (Tabela 2). Apesar de Saneamento ser a variável mais importante para explicar a produção científica dos países, observa-se um coeficiente angular negativo, ou seja, os países que mais publicam são aqueles que possuem menores percentuais de saneamento.

Tabela 1 - Modelos gerados e os números de AICc encontrados para as combinações das variáveis: Saneamento (S), Abastecimento (A), PIB (P) e IDH (I).

Modelos	R <sup>2</sup>	AICc	Delta AICc
S, A	0,137	466,764	0
S, P, I	0,165	467,606	0,842
S, I	0,116	467,945	1,182
S	0,066	468,319	1,555
S, P, A	0,146	468,688	1,924
S, P	0,085	469,672	2,908
S, P, A, I	0,165	470,157	3,393
S, P, I	0,117	470,375	3,611
I	0,014	471,057	4,293
P	<0,001	471,754	4,99
A	<0,001	471,754	4,99
A, I	0,029	472,652	5,888
P, I	0,027	472,758	5,994

<b>Modelos</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>AICc</b>	<b>Delta AICc</b>
P, A	<0,001	474,116	7,352
P, A, I	0,046	574,23	7,466

Tabela 2 - Importância de cada variável e o coeficiente de importância.

<b>Variável</b>	<b>Importância</b>	<b>Coeficiente angular</b>
Saneamento	0,893	-56,062
PIB	0,282	<0,001
Abastecimento	0,592	65,645
IDH	0,443	57,26

A alta produção científica de países como Índia, China, Brasil, Estados Unidos, Canadá, Malásia e Irã pode ser explicada por três variáveis: o saneamento público de cada país, o abastecimento de água e o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH). O abastecimento público e o saneamento são variáveis que podem influenciar nos estudos das águas. Países com baixa taxa de saneamento e de abastecimento de qualidade para a população possuem números mais elevados de publicações. Um exemplo a ser citados é o Brasil. Apesar de possuir 12% da água doce disponível a nível mundial, o abastecimento de água não chega a todos os seus habitantes, possuindo uma taxa de 80% de abastecimento a população (ONU, 2012). Isto ocorre porque 73% das águas brasileiras se concentram na região amazônica, enquanto apenas 5% da população ocupa este território (LIBÂNIO, 2008). Portanto, 27% do total da água doce do Brasil são disponíveis para 95% da população. Essas relações assimétricas despertam a necessidade de investigação científica sobre qualidade de água nesses países.

Quanto à caracterização da qualidade da água, os decisores políticos e o público em geral precisam de dados simples e que possam transferir uma informação sem grande detalhamento técnico. Com este intuito os índices de qualidade de água tentam simplificar o entendimento de vários parâmetros de qualidade de água, em um único valor (ALMEIDA et al, 2012). Com esta união de parâmetros de diversas dimensões, podem ocorrer algumas desvantagens como o efeito eclipse, a ambiguidade e a rigidez (SWANEE e TYAGI, 2007).

Devido a estes limitantes diversos autores estão propondo novos índices de qualidade de água para ambientes específicos. Isso pode ser verificado em Almeida et al. (2012), onde foi desenvolvido um IQA recreacional para lagos da Argentina. Singh et al., (2011) preocupados com a atuação situação da qualidade da água na Índia desenvolveram um IQA para águas subterrâneas e aplicaram em região de aquíferos. Gharibi et al. (2011) criaram um

IQA para as águas de abastecimento de gado leiteiro no Irã. O mesmo é observado em Varbiró et al., (2012) que utilizou variáveis limnológicas associados a índices de poluição para caracterizar corpos hídricos na Hungria.

Da mesma forma é possível observar que para driblar estas limitações, os autores procuram trabalhar apenas com a análise de variáveis limnológicas de forma isolada para se obter um bom resultado. Em Todd et al. (2012) para analisar a deterioração de um córrego em área de degelo no Colorado nos Estados Unidos, foram utilizadas variáveis limnológicas e de minerais para caracterizar a qualidade da água. No Irã, Esmaeili e Moore (2012) utilizaram apenas a análise de variáveis para caracterizar águas subterrâneas. No Paquistão, Naseem et al. (2012) utilizaram a análise de variáveis limnológicas e de íons para caracterizar se a água do reservatório de Baluchistão era ideal para irrigação e abastecimento público.

O Índice de Qualidade de Água (IQA) mais utilizado foi o desenvolvido pela *National Foundation Sanitation* dos Estados Unidos (IQA-NSF). Este índice possui uma ampla dispersão, sendo encontrado em artigo de diversos países. Este índice se caracteriza por ser um índice geral capaz de monitorar locais de abastecimento público, e como observado possui aceitação para o seu uso em pesquisas (LUMB, SHARMA e BIBEAULT, 2011) e foi base para outros índices como o IQA de Oregon e vários outros (SWANEE e TYAGI, 2007). Ele é formado por nove parâmetros sendo eles: Oxigênio Dissolvido, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Condutividade Elétrica, Turbidez, Coliformes Fecais, pH, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e ainda Sólidos Totais Dissolvidos. Ele possui uma grande independência entre os seus parâmetros e possui aplicação em diversos ambiente, além de ser amplamente aceito nos Estados Unidos, onde foi novamente avaliado e alterado para continuar sendo utilizado (LUMB, SHARMA e BIBEAULT, 2011).

## 2.5 CONCLUSÃO

O presente trabalho traçou o estado da arte da literatura científica sobre índices de qualidade de água, e demonstrou um crescente interesse da comunidade científica neste tema. Tal fato certamente se deve a importância da quantidade e qualidade da água para o abastecimento humano (KHARRAZ et al., 2012), economia (TUNDISI, 2003), saúde (PNUMA, 2011) e conservação dos recursos hídricos (ESPEJO et al., 2012).

A qualidade da água é um fator que tem ganhado importância ao longo dos anos. Fatores como as ações antrópicas, o crescimento da população e a perda em quantidade e qualidade da água tem despertado a atenção de países e pesquisadores, gerando o aumento na produção científica sobre o tema (KHARRAZ et al., 2012).

É possível, através dos resultados encontrados, concluir que ambientes de grande interesse para a população também são os mais estudados (demonstrado através da alta taxa de produção científica) como os rios e lagos. Isso evidencia a preocupação quanto o abastecimento público e a manutenção da economia. Por outro lado alguns ambientes de grande relevância biológica têm recebido pouca atenção, como as planícies de inundação que são ambientes com elevada biodiversidade e características bem específicas e ainda assim com baixa produção científica. Pesquisas sobre a alteração dos corpos hídricos de acordo com as mudanças climáticas globais também é um tema que começa a despertar interesse (JAYACHANDRAN e NANDAN, 2012).

As pesquisas com Índices de Qualidade Água devem envolver estudos que visem o melhor tratamento de efluentes, a diminuição da perda de água na agricultura e ambientes que podem facilmente ser alterados pelas pressões antrópicas, recebendo mais atenção de pesquisadores e da comunidade científica internacional.

## 2.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, C.; GONZALEZ, S.O.; MALLEA, M.; GONZALEZ, P.A. Recreational water quality index using chemical, physical and microbiological parameters. **Environmental Science Pollution Research**, n.19, p.3400-3411, 2012.
- AZEVEDO NETTO, J. M. Cronologia do abastecimento de água até 1970. **Revista DAE**, v.44, n.37, p. 106-111, 1984.
- BELTRAMI, M.E.; CIUTTI, F.; CAPPELLETTI, C.; LOSCH, B.; ALBER, R.; ECTOR, L. Diatoms from Alto Adige/Sudtirol (Northeast Italy): characterization of assemblages and their application for biological quality assessment in the context of the Water Framework Directive. **Hydrobiologia**, n.695, p.153-170, 2012.
- BHARDWAJ, V.; SINGH, D.S. Surface and groundwater quality characterization of Deoria District, Ganga plain, India. **Environmental Earth Sciences**, n.63, p.383-395, 2011.
- BORJA, A.; ELLIOT, M.; HENSIKEN, P.; MARBA, N. Transitional and coastal water ecological status assessment: advances and challenges resulting from implementing the European Water Framework Directive. **Hydrobiologia**, 2012.
- BURHAM, K.P.; ANDERSON, D.R. **Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach**. New York: Springer, 2002. 488p.
- CALIMAN, A.; PIRES, A.F.; ESTEVES, F.A.; BOZELLI, R.L.; FARJALLA, V.F. The prominence of and biases in biodiversity and ecosystem functioning research. **Biodiversity Conservation**, n.19, p.651-664, 2010.
- CARNEIRO, F.M.; NABOUT, J.C.; BINI, J.M. Trends in the scientific literature on phytoplankton. **Limnology**, n.9, p.153-158, 2008.
- CARVALHO, P.; DINIZ-FILHO, J.A.; BINI, L.M. The impact Felsenstein's "Phylogenies and correlative method" on evolutionary biology. **Scientometrics**, v.62, n.1, p.53-66, 2005.
- DIMITRIOU, P.D.; APOSTOLAKI, E.T.; PAPAGEORGIOU, N.; REIZOPOUPOU, S.; SIMBOURA, N.; ARVANITIALIS, C.; KARAKASSIS, I. Meta-analysis of a large data set with water Framework Directive indicators and calibration, of a Benthic Quality Index at the family level. **Ecological Indicators**, n.20, p.101-107, 2012.
- DINIUS, S. H. Social accounting system for evaluating water resources. **Water Resources Research**, v.8, n.5, p. 1159-1177, 1972.
- ESPEJO, L.; KRESTSCHNER, N.; OYARZÚN, J.; MEZA, F.; NÚÑEZ, J.; MATURANA, H.; SOTO, G.; OYARZO, P.; GARRIDO, M.; SUCKEL, F.; AMEGAZA, J.; OYARZÚN, R. Application of water quality indices and analysis of the surface water quality monitoring network in semiarid North – Central, Chile. **Environmental Monitoring and Assessment**, n.1894, p.5571-5588, 2012.
- ESMAEILI, A.; MOORE, F. Hydrogeochemical assessment of groundwater in Isfahan province, Iran. **Environmental Earth Science**, n.67, p. 107-120, 2012.

FAN, C.; KO, C.-H.; WANG, W.-S. An innovative modeling approach using Qual 2K and Hec-Ras integration to assess the impact of tidal effect on river water quality simulation. **Journal of Environmental Management**, v.90, p.18-24, 2010.

FAZEY, I.; FISCHER, J.; LINDEMAYER, D.B. Who does all the research in conservation biology? **Biodiversity and conservation**, v.14, p.917-934, 2005.

GHARIBI, H.; SOWLAT, M.H.; MAHVI, A.H.; MAHMOUDZADEH, H.; ARABALIBEIK, H.; KESHAVARZ, M.; KARIMZADEH, N.; HASSANI, G. Development of a dairy cattle drinking water quality index (DCWQI) based on fuzzy inferences systems. **Ecological Indicators**, v.20, p.228-237, 2012.

HANJRA, M.A.; QURESHI, M.E. Global water crisis and future food security in an era of climate change. **Food Policy**, v.35, p.365–377, 2010.

JAYACHANDRAN, P.R.; NANDAN, S.B. Assessment of trophic change and its probable impact on tropical estuarine environmental (the Kodugallur – Azhikode estuary) India. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, n.17, p.837-847, 2012.

KAKATI, S.S.; SARMA, H.P. Studies on water quality index of drinking water of the Lamkimpur district, Assam. **Pollution Research**, n.29, p.285-288.

KARRAZ, J.E.; EL-SADEK, A.; GHAFFOUR, N.; MINO, E. Water scarcity and drought in WANA countries. **Procedia Engineering**, n.33, p.14-29, 2012.

KUMAR, M.D.; SINGH, O.P. Virtual water in global food and water policy making: Is there a need for rethinking? **Water Resources Management**, n.19, p.14-29, 2005.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 2ªed. Campinas: Átomo, 2008. 444p.

LIMA, J.E.F.W., 2001. **Recursos Hídricos no Brasil e no Mundo**. Embrapa Cerrados. 46p.

LIMA-RIBEIRO, M. de S.; NABOUT, J.C.; PINTO, M.P.; MOURA, I. O. de ;COSTA, S.S.; RANGEL, T.F.L.V.de B. Análise cienciométrica em ecologia de populações: importância e análise cienciométrica em ecologia de populações: importância e tendências dos últimos 60 anos. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v.29, n.1, p.39-47, 2006.

LUMB, A.; SHARMA, T.C.; BIBEAULT, J - F. A review of genesis and evolution of Water Quality Index (WQI) and some future direction. **Water, Quality, Exposure and Health**, n.3, p.11-24, 2011.

MAGESH, N.S.; CHANDRAREKAN, N. Evaluation of spatial variation in groundwater quality by WQI and GIS technique: a case study of Virudunagar District, Tamil Nadu, India. **Arabian Journal of Geosciences**, 2011.

MCDUFFIE B.; HANEY J.T. A proposed river pollution index. **American Chemical Society, Division of Water, Air and Waste Chemistry**, New York, 1973.

MELO, A.S.; BINI, L.M.; CARVALHO, P. Brazilian articles internacional journals on limnology. **Scientometrics**, v.67, n. 2, p.187-199, 2006.

MOJID, M.A.; BIWAS, S.K.; WYSEURE, G.C.L. Interaction effects of irrigation by municipal watershed and inorganic fertilisers on wheat cultivation in Bangladesh. **Field Crops Research**, n.134, p.200-207, 2012.

MONTESINOS, P.; CAMACHO, E.; CAMPOS, B.; RODRIGUEZ-DIAZ, J.A. Analysis of virtual irrigation water – Application to water resources management in a Mediterranean river basin. **Water Resour Manage**, n.25, p.1635-1651, 2011.

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

NABOUT, J.C.; CARVALHO, P.; PRADO, M.V.; BORGES, P.P.; MACHADO, K.B.; HADAD, R.B.; MICHELLAN, 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.

NASEEM, S.; AHMED, P.; SHAMIM, S.S.; BASHIR, E. Geochemistry of sulfate-bearing water of Akra Kaur Dam, Gwadar, Balochistan Pakistan and its assessment for drinking and irrigation purposes. **Environmental Earth Science**, n.66, p.1831-1838, 2012.

ONU - Organização das Nações Unidas. **Estatísticas sócias de diversos países**. <http://unstats.un.org/unsd/demographic/products/socind/> - Acessado em agosto 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. **Brazilian Journal Biology**. v. 68, n. 4, p. 1051-1059, 2008.

PANDEY, P.K.; SOUPIR, M.L.; HADDAD, M.; ROTHWELL, J.J., Assessing the impacts of watershed indexes and precipitation on spatial in-stream *E. coli* concentrations. **Ecological Indicators**, n. 23, p. 641-652, 2012.

PASSIORA, J. Increasing crop productivity when water is scarce – from breeding to field management. **Agricultural Water Management**, n.80, p. 176-196, 2005.

PAZ, V.P. da S.; TEODORO, R.E.F.; MENDONÇA, F.C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. Comunicado Técnico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.3, p. 465-473, 2000.

PFISTER, S.; BAYNER, P.; KOCHLER, A.; HELLWEG, S. Environmental impacts of water use in global crop production: Hotspots and trade-offs with land use. **Environmental Science and Technology**, n. 45, p.5761-5768, 2011.

PNUMA – Cuidando das águas soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos. Agência Nacional das Águas; Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, Brasília, ANA, 2011, 154 p.

PRATI, L.; PAVENELLO, R.; PESARIN, R. Assessment of surface water quality by single index of pollution. **Water Research**, n.5, 741–751, 1971.

RAHMAN, M.A.; ISHIGA, H. Trace metal concentrations in tidal float coastal-sediments, Yamaguchi Prefecture, Southwest Japan. **Environmental Monitoring and Assessment**, n.184, p. 5755-5771, 2012.

SINGH, C.K.; SHASHTRI, S.; MUKHERJEE, S.; KUNARI, R.; AVATAR, R.; SINGH, A.; SINGH, R.P. Application of GWQI to assess effect of land use change on groundwater quality in lower Shiwaliks of Punjab: remote sensing and GIS based approach. **Water Resource Manage**, v.25, p. 1881 – 1898, 2011.



SIGLA, M.K.; PANDEY, L.P.; AGGARWAL, V. Statistical assessment of water contamination and effect different seasons in Eastern Donn Valley. **Indian Journal of Environmental Protections**, n.31, p.494-497, 2011.

SWAMEE, P.K.; TYAGI, A. Improved method for aggregation of water quality subindices. **Environmental Engineering**, v.133, p.220-225, 2007.

TERRADO, M.; BORRELL, E.; CAMPOS, S. de; BARCELÓ, D.; TAULER, R. Surface-water-quality indices for the analysis of data generated by automated samplings network. **Trends in Analytical Chemistry**, v.29, n.1, 2010.

TODD, A.S.; MANNING, A.H.; VERPLANCK, P.L.; CROUCH, C.; MCKNIGHT, D.M.; DUNHAM, R. Climate-change-driven deterioration of water quality in a mineralized watershed. **Environmental Science and Technology**, n.46, p.9324-9332, 2012.

TUNDISI, J. G. **Água no século 21: enfrentando a escassez**. RIMA/IIE, 2003. 247p.

TUNDISI, J.G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Estudos Avançados**, v.22, n.63, 2008.

VARBIRÓ, G.; BORICS, G.; CSÁNYI, B.; FEHER, G.; GRIGORSZHEY, I.; KISS, K.T.; TÓTH, A.; ÁCS, E. Improvement of the ecological water qualification system of rivers based on the first results of the Hungarian phytobenthos surveillance monitoring. **Hydrobiologia**, n.695, p.125-135, 2012.

WALSKI, T.M.; PARKER, L.F. Consumers water quality index. **ASCE Journal Environmental Engineering Division**, v.100, p.593-611, 1974.

WE, P.; TAN, Z.; DU, Y. A biological safety evaluation on reclaimed water reused a scenic water using a bioassay battery. **Journal Environmental Sciences**, n.23, p.1611-1618, 2011.

WISHART, M.J.; DAVIES, B.R. Collaboration, conservation and the changing face of limnology. Aquatic **Conservation Marine and Freshwater ecosystems**. n.12, p.567-575, 2006.

WU, J.; ZENG, H.; YU, H.; MA, L.; XU, L.; QIN, B. Water and sediment quality in lakes along the middle and lower reaches of the Yangtze river, China. **Water Resour Manage**, n.26, p.3601-3618, 2012.

WORLD POPULATION MONITORING. Population, education and development. Department of Economic and Social Affairs Population Division, United Nation, New York, 2004.

**CAPÍTULO 2 - INFLUÊNCIA DO IMPACTO HUMANO E DAS VARIÁVEIS  
CLIMÁTICAS NA ESTRUTURA LIMNOLÓGICA DE LAGOAS DE INUNDAÇÃO  
DO BRASIL CENTRAL**

### 3.1 INFLUÊNCIA DO IMPACTO HUMANO E DAS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS NA ESTRUTURA LIMNOLÓGICA DE LAGOAS DE INUNDAÇÃO DO BRASIL CENTRAL

Maria Tereza Ribeiro Alves<sup>1</sup>, Suzana Maria Marcionílio de Loures<sup>1</sup>, Manuel Eduardo Ferreira<sup>2</sup>, Ludgero Cardoso Galli Vieira<sup>3</sup>, João Carlos Nabout<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Goiás – UEG/UnUCET/BIOECOL  
Caixa Postal 459, 75132-400  
terezaengenhariafl@hotmail.com; suzanaloures@hotmail.com; jcnabout@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal de Goiás – UFG/IESA/LAPIG  
Caixa Postal 131, 74001-970  
manuel@iesa.ufg.br

<sup>3</sup>Universidade de Brasília- UNB/Campus Planaltina  
Caixa Postal 131, 74001-970  
ludgero@unb.br

**RESUMO:** A caracterização limnológica de ambientes aquáticos está sendo utilizada para diferentes funções como o monitoramento de ambientes naturais, análise de qualidade de água e até mesmo como indicador ambiental. As planícies de inundação são ambientes aquáticos que possuem grande complexidade, recebendo a contribuição de diferentes fatores. As planícies de inundação já foram extintas em vários países, restando grande parte em países que estão em desenvolvimento atualmente. Hoje, o Brasil possui quatro grandes planícies de inundação. A planície analisada localiza-se na bacia hidrográfica do Rio Araguaia. Esta bacia está entre dois biomas muito importantes: o Cerrado e a Floresta Amazônica. Estes são dois biomas, apesar de serem considerados *hotspots* de biodiversidade, atualmente são ameaçados pelas atividades antrópicas, tornando necessário o seu estudo. Este trabalho teve como objetivo caracterizar limnologicamente as lagoas do médio Rio Araguaia, e investigar a importância relativa do clima, do uso do solo e das distâncias espaciais nas características limnológicas das lagoas. Os resultados encontrados indicaram que as características limnológicas das lagoas seguem um padrão de ambientes preservados e com a caracterização do uso do solo foi encontrado baixa taxa de conversão das áreas de preservação permanente das lagoas. Foi possível detectar com o uso da partição da variância que para as lagoas da bacia do Médio Araguaia o clima é o fator que influencia diretamente as lagoas.

**Palavras-chave:** Planície de inundação, mudanças climáticas globais, uso do solo.

**ABSTRACT:** The limnological characterization of aquatic environments has been used for different functions, such as monitoring natural environments, water quality analysis and even as an environmental quality indicator. The flood plains are aquatic environments that have high complexity, receiving the contribution of different factors. The flood plains have been extinct in several countries, remaining largely parts of this environment in countries that are currently in development. Due to human pressures, such environments are threatened and characterization of these environments becomes necessary. Nowadays, Brazil has four major

flood plains. The analyzed environment is located in the Araguaia River watershed. This watershed is located between two very important biomes: Cerrado and the Amazon rain forest. Despite these two biomes being considered biodiversity hotspots, they are currently threatened by human activities, making required its study. This study aimed to make the limnological characterization of lakes in the middle region of Rio Araguaia, and investigate the relative importance of climate, land use and spatial distances in the limnological characteristics of the studied lakes. The results indicated that the limnological characteristics of the lakes follow a pattern of preserved environments and the characterization of land use found low conversion rate of permanent preservation areas of the ponds. Could be detected with the use of the partition of variance for the ponds of Middle Araguaia basin climate is the factor that directly influence the ponds.

**Keyword:** Floodplain, global climate change, land use

### 3.1 INTRODUÇÃO

O estudo das diferentes características das águas de superfície ganha cada vez mais enfoque no cenário internacional (HUO et al., 2012). A definição do uso da água e o monitoramento de diferentes ambientes torna necessária a obtenção da sua composição o mais completa possível (ESPEJO et al., 2012). A caracterização físico-química de diferentes ambientes é relevante para a determinação de como as estruturas ecológicas se estabelecem e como a alteração destes fatores podem atuar nas comunidades dos organismos aquáticos (GANJI et al., 2012). A limnologia apresenta resultados rápidos e confiáveis, podendo até mesmo funcionar como indicadores da qualidade ambiental, como observado na presença excessiva de nutrientes e de Chlorofila-a (HUO et al., 2012).

O estudo da estrutura limnológica em ambientes tão complexos como as planícies de inundação envolve diversos fatores, tais como o clima (TONOLLA et al., 2010; GRAY et al., 2011), o regime hidrológico (PITHART et al., 2007) e o uso do solo (HUDSON et al., 2006; JORDAN et al., 2012). Estas são variáveis que influenciam diretamente na qualidade ambiental, na manutenção da biodiversidade e na preservação destes ambientes aquáticos.

O fluxo de precipitação sazonal interfere diretamente nas relações entre as comunidades de peixes, na dispersão de espécie e na qualidade da água, contribuindo para ambientes de alta diversidade (TONOLLA et al., 2012). O clima é uma variável que tem ganhado relevância em estudos em áreas alagáveis. Diversos estudos estão analisando como as alterações climáticas afetam estes ambientes (TONOLLA et al., 2010). Parte desta preocupação é devido às mudanças climáticas previstas pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) (CIZKOVÁ et al., 2011).

Para as planícies de inundação o pulso de inundação (*flood pulse*), ou seja, a variação sazonal no nível da água é um fator muito relevante para a manutenção das características destes ambientes, influenciando em características físicas, químicas e biológicas (NABOUT et al., 2007). Estes movimentos de inundação promovem a melhor conectividade entre as lagoas de inundação e o canal proporcionando a troca de plâncton, favorecendo as comunidades de plantas, a dispersão de sementes e peixes e colaborando com a dispersão da biodiversidade (PITHART et al., 2007).

O uso do solo e as alterações antrópicas também são fatores que influenciam diretamente na manutenção de recursos hídricos. Na região do Rio Mississipi uma extensa

área alagável foi perdida devido às pressões antrópicas (JORDAN et al., 2012). O mesmo ocorreu na Europa, que em seu processo de urbanização drenou suas áreas alagáveis para a ocupação humana (PITHART et al., 2007). Atualmente é possível citar a Índia e a China que drenam suas áreas alagáveis ou estimulam a produção agrícola em ambientes que são considerados prioritários para conservação (SINGH et al., 2011; BRINSON e MALVÁREZ, 2002).

No Brasil, são encontradas extensas planícies de inundação, sendo ao todo quatro planícies de inundação. O Pantanal brasileiro, com uma das mais extensas áreas de inundação do Brasil, sua particularidade está na sua inundação. A área é inundada devido à baixa capacidade de escoamento de seu terreno e não devido à precipitação (RIBAS e SCHOEREDER, 2006). A planície de inundação do Amazonas, do Rio Araguaia e ainda do Rio Paraná. As planícies de inundação do Brasil são afetadas por expansões urbanas e construção de rodovias, além de hidrelétricas.

Estes projetos têm efeitos diretos sobre a biodiversidade das zonas húmidas através de drenagem, desvios e inundações profunda que eliminar todas as zonas húmidas ou partes de zonas húmidas, e através potencialmente conversão reversível de zonas húmidas para as culturas anuais e pastoreio (BRINSON e MALVAREZ, 2002).

Neste sentido, este estudo tem como objetivo caracterizar limnologicamente as lagoas do médio Rio Araguaia, e investigar a importância relativa do clima, do uso do solo e das distâncias espaciais nas características limnológicas das lagoas.

## 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.2.1 *Área de estudo*

Para a análise limnológicas foram selecionadas 30 lagoas ao longo da planície aluvial do Rio Araguaia. A distância entre a lagoa inicial e a lagoa final foi de 500 km em linha reta, de acordo com as coordenadas geográficas entre elas. Elas estão situadas no Rio Araguaia.

O Rio Araguaia está inserido na grande bacia Araguaia-Tocantins. Esta bacia possui uma das regiões com maior diversidade do continente, visto que possui áreas de savanas brasileiras ao sul e de floresta Amazônica ao norte, além de uma grande planície de inundação (LATRUBESSE e STEVEAUX, 2006; AQUINO et al., 2008; MORAIS et al., 2005). A sua bacia drena áreas de vários estados, destacando-se Goiás, Mato Grosso, Tocantins e Pará, com uma área de 377.000 km<sup>2</sup> (MORAIS et al., 2005). O seu curso foi dividido em alto, médio e baixo curso por Latrubesse e Steveaux (2002).

O médio curso, onde se localiza a área de estudo, estende-se por 1.100 km, entre os municípios de Registro do Araguaia até Conceição do Araguaia e abriga uma planície de inundação bem desenvolvida, incluindo a planície aluvial do Bananal (LATRUBESSE e STEVEAUX, 2002; MORAIS et al., 2005; LATRUBESSE e STEVEAUX, 2006). Neste intervalo, a área de drenagem aumenta drasticamente, devido ao acréscimo de tributários, onde o Rio das Mortes é o mais importante (AQUINO et al., 2008; LATRUBESSE e STEVEAUX, 2006). A planície aluvial é formada por uma grande quantidade de sistemas lacustres com diversos tipos de lagos (MORAIS et al., 2005). Ela é composta por sistemas lacustres que acompanham e se interligam ao canal principal. Estas lagoas são influenciadas pelo regime hidrológico do canal principal, podendo ser perenes ou sazonais (MORAIS et al., 2008). Estas lagoas se conectam ao rio nos períodos de inundação influenciando e sendo influenciadas pelos fluxos de água destes ambientes (MORAIS et al., 2005; CHALUPOVÁ et al., 2012). Este estudo foi realizado entre as cidades de Aruanã-GO e São Felix do Araguaia-TO (Figura 4).

O clima predominante na bacia Araguaia é de natureza continental tropical, pois não sofre o efeito direto da confluência intertropical pela sua posição no continente (AQUINO et al., 2008) O clima apresenta-se semiúmido com tendência a úmido, caracterizando-se, segundo Kopen, no tipo Aw (FARIA e CASTRO, 2007). É uma região marcada por duas estações bem acentuadas: a chuvosa e a seca. A chuvosa está entre os meses de novembro e

abril, e a seca entre maio e agosto (LATRUBESSE e STEVEAUX, 2006). Com temperatura média anual de 22°C, e com valor médio das máximas em torno de 28°C (BAYER, 2010).

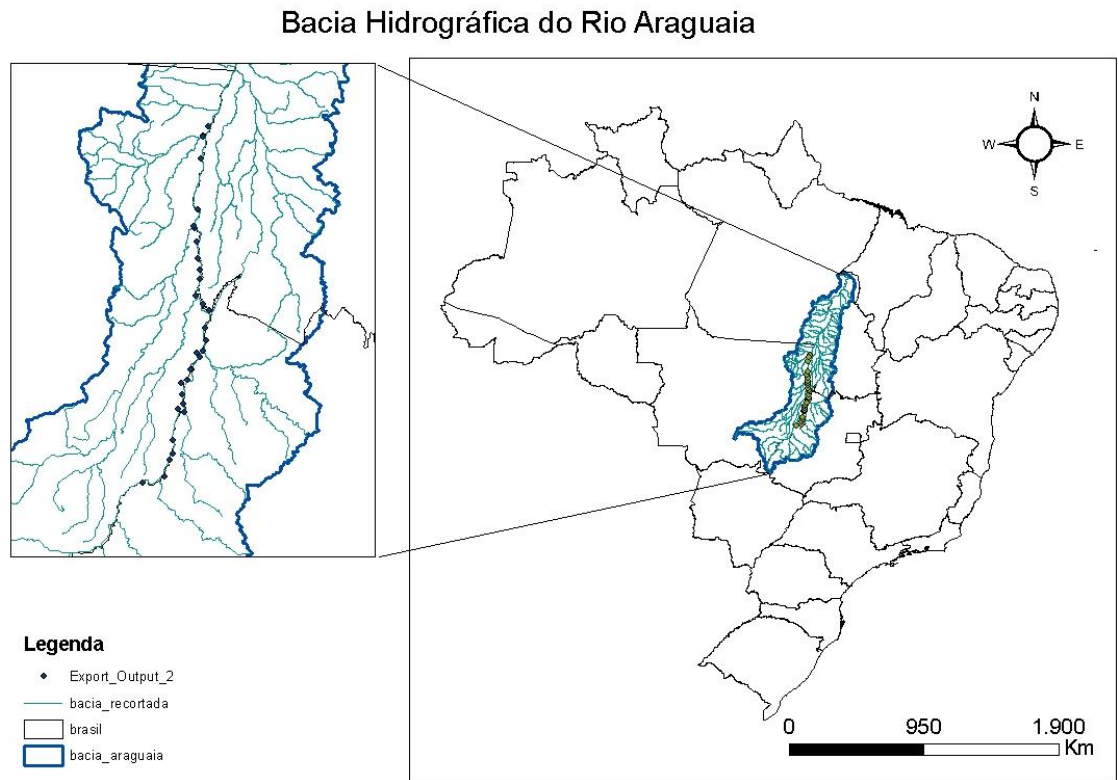


Figura 4 - Bacia hidrográfica Tocantins-Araguaia com os pontos geográficos de cada lagoa analisada.

Para a análise limnológica foram selecionadas 30 lagoas ao longo da planície aluvial do Rio Araguaia. Foi realizada uma única coleta no mês de janeiro de 2012, portanto na fase de inundação da planície. Para ajudar na localização das lagoas foi utilizado um GPS marca Garmim.

As variáveis coletadas foram em grande parte obtidas *in situ* (Tabela 1). Para as análises de nutrientes, as amostras foram coletadas e armazenadas de acordo com as especificações American Public Health American (APHA) (1999).

Tabela 3- Métodos utilizados para obtenção das variáveis limnológicas nas lagoas estudadas.

Variáveis	Obtenção
Condutividade	<i>In situ</i> - Condutímetro DM-3P
Oxigênio Dissolvido (OD)	<i>In situ</i> - Medidor de Oxigênio Dissolvido DM-4P
Potencial Hidrogênico (pH)	<i>In situ</i> - pHmetro Portátil DM-2P



Variáveis	Obtenção
Temperatura (°C)	<i>In situ</i> – Sonda medidora de temperatura DM-4P
Turbidez	<i>In situ</i> - Turbidímetro DM-TU
Sólidos Totais Dissolvidos	<i>In situ</i> - Condutivímetro DM-3P
Transparência (cm)	<i>In situ</i> - Disco de Secchi
Saturação de oxigênio (%)	<i>In situ</i> - Medidor de Oxigênio Dissolvido DM-4P
Profundidade	<i>In situ</i> - Profundímetro Digital
Fósforo total (µg/L)	<i>Análise Laboratorial- Golterman et al. 1978</i>
N-total (mg/L)	<i>Análise Laboratorial - Zagatto et al. 1981</i>

### 3.2.3 Impacto Humano

A classificação do uso do solo nas lagoas estudadas na planície aluvial do Araguaia foi realizada em imagens do satélite LANDSAT-5 (30 m de resolução). As cenas são disponibilizadas gratuitamente no site do Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE) (<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>). Utilizou-se também em cenas da plataforma de imagens Google Earth (entre 1 e 10 m de resolução espacial), com cenas disponíveis entre 2006 e 2010. Foram utilizadas as cenas 223/67 a 223/70, obtidas pelos satélites na data 03/05/2011. Esta data é considerada como cheia na região do Araguaia, e favorece a visualização de imagens com pouca nebulosidade. Posteriormente, realizou-se o georeferenciamento com o *software* ERDHAS. Para esta etapa foi utilizada o Geocover disponibilizado pelo INPE - GLS 2005 - Landsat e o mosaico das cenas da região estudada foi criado no *software* ENVI 4.7.

A partir do *software* Arcgis 9.3 criou-se um *buffer* de 10 km ao redor das lagoas estudadas. Obteve-se o *buffer* da área de estudo a partir do mosaico das cenas criado no ENVI 4.7. Através deste mesmo *software*, fez-se a máscara que foi utilizada no ZOOM do ENVI 4.6.1, onde foi realizada a segmentação das feições. Após a segmentação das classes, foi feita a classificação supervisionada do uso do solo, através do Arcgis 9.3 (TRAUTWEIN et al., 2012). Foram criadas e quantificadas as seguintes classes: remanescente, pastagem, agricultura e água.

A partir da classificação do primeiro *buffer* da área foi criado um *buffer* de 100 m ao redor das lagoas. Este *buffer* teve o intuito de verificar quanto das áreas de preservação permanente destas lagoas foram convertidos em áreas antropizadas. A distância de 100 m foi escolhida segundo o Código Florestal Brasileiro para Áreas de Preservação Permanente (APPs) (BRASIL, 1965).

Foram obtidos também, dados de antropização para cada lagoa através da Grid Human Footprint (SANDERSON, 2002). Esta grid apresenta valores de impacto humano para cada

coordenada geográfica baseado em diversos fatores de ação humana. A Grid foi obtida através do site SEDAC (<http://sedac.ciesin.org/data/set/wildareas-v2-human-footprint-ighp/data-download>) e possui uma resolução de 1 km. Através das coordenadas geográfica de cada lagoa, foi extraído o valor impacto humano, que varia de zero a 1, para cada lagoa investigada.

### **3.2.4 Variáveis climáticas**

Para a caracterização do clima de cada lagoa foi necessário obter os dados referentes à temperatura atmosférica média anual e a precipitação média anual. Estas variáveis climáticas correspondentes as 30 lagoas foram obtidas na base de dados disponível no site Worldclim (<http://www.worldclim.org/current>). Nessa base foram obtidas essas variáveis climáticas para o cenário atual e futuro para cada lagoa, utilizando uma malha com resolução de 4 km. Os dados climáticos futuros correspondem ao cenário CCSM3 (Community Climate System Model) para o ano de 2050.

### **3.2.5 Variáveis espaciais**

O espaço é considerado como um dos fatores que compõem as estruturas ecológicas e ambientais existentes (DRAY et al., 2006). Nesse sentido lugares geograficamente próximos podem ter características limnológicas próximas, gerando um processo de dependência espacial neste estudo (DRAY et al., 2006; DINIZ-FILHO e BINI, 2005).

Portanto, a dependência espacial dos dados obtidos podem gerar erros nas análises estatísticas (DRAY et al., 2006, LEGENDRE e LEGENDRE, 2000). Essa autocorrelação pode gerar a repetição dos dados e o aumento dos graus de liberdade, pois as unidades espaciais são considerados pseudo-replicações do fenômeno observado. Portanto se existe autocorrelação nos resíduos da regressão, devido à dependência dos dados, os erros padrões dos coeficientes de regressão ( $R^2$ ) são geralmente subestimado, inflacionando o erro de Tipo I (DINIZ-FILHO e BINI, 2005; BOCARD e LEGENDRE, 2002).

Uma das formas de eliminar possíveis erros estatísticos é acrescentar à variação espacial dos dados a regressão múltipla (DINIZ-FILHO e BINI, 2005). Um dos métodos desenvolvidos para captar essas variações são os filtros autovetores. Este método foi proposto por Bocard e Legendre (2002), no qual, os autovetores são extraídos de matrizes espaciais. Por meio de uma Análise de Coordenadas Principais (PCoA) são obtidos os valores dos filtros

autovetores. Estes filtros descrevem a estrutura espacial da região em diferentes escalas, de forma que todas as estruturas espaciais dos resíduos são levadas em consideração, não afetando os resultados com a autocorrelação espacial (NABOUT et al., 2009; DINIZ-FILHO e BINI, 2005). Estes vetores se tornam novas variáveis ortogonais que capturam a geometria da área estudada.

Vários autovetores podem ser gerados e a escolha do melhor para a determinada análise deve se basear em três fatores: a maximização do coeficiente de correlação de regressão linear múltipla ( $R^2$ ), a minimização da autocorrelação residual e a significância entre a variável resposta e os filtros (DINIZ-FILHO e BINI, 2005).

Para gerar os filtros de autovetores espaciais foi utilizado o programa computacional SAM (Spatial Analysis and Macroecology v 4.0) (RANGEL et al., 2010). Foram selecionados dois filtros, utilizando o método que minimiza a autocorrelação no resíduo da regressão.

### **3.2.6 Análise de dados**

Inicialmente, foram geradas análises de componentes principais para que o trabalho com o conjunto de dados fosse simplificado. A análise de componentes principais (PCA) é um método estatístico que permite a redução da dimensionalidade dos dados (LATTIN et al., 2011). Uma PCA permite fazer combinações lineares com as variáveis originais, selecionando poucas novas variáveis resultantes que possam responder pelo maior número de informação possível (HAIR et al., 2009). Essa redução da dimensionalidade dos dados facilita a visualização dos dados e análise menos complexa. Quando o número de variáveis é grande e o conjunto de dados fica difícil de ser trabalhado, a PCA pode ser útil (LATTIN et al., 2011). Foi gerada uma PCA para os dados limnológicos transformados, onde se utilizou o primeiro eixo para simplificação e posteriores análises.

Objetivando reduzir a dimensionalidade dos dados as variáveis foram transformadas, no qual as variáveis de uso do solo (Remanescente, Pastagem, Agricultura e Impacto Humano) utilizou-se a transformação da raiz quadrada do Arccoseno, enquanto as variáveis limnológicas, com exceção do pH, foram logaritmizadas ( $\log x + 1$ ).

A análise de autocorrelação espacial investigou o padrão espacial das variáveis limnológicas da água, ou seja, procurou determinar se lagoas geograficamente próximas tem valores de variáveis semelhantes. A análise de autocorrelação foi determinada pelo Índice de Moran (I de Moran). Para demonstrar essa correlação foi utilizado correlogramas, que permitem quantificar a dependência espacial e particioná-lo entre as classes de distância (LEGENDRE e LEGENDRE, 2000).

O I de Moran é uma das partes mais difundida da estatística espacial e mede a autocorrelação espacial a partir do produto dos desvios em relação à média. Ele parte do princípio que a hipótese nula é de independência espacial, neste caso a correlação é igual a 0. Portanto valores positivos (entre 0 e 1) indicam uma autocorrelação direta e positiva, e valores negativos (entre 0 e -1) indicam que não há autocorrelação (LEGENDRE e LEGENDRE, 2000).

Nesse caso, valores de I de Moran (variam de -1 e 1) positivos sugerem que lugares geograficamente próximos têm valores limnológicos parecidos, portanto, semelhante qualidade de água. O I de Moran foi desenvolvido com referência a oito classes de distância. Para realizá-lo foi utilizado o primeiro eixo da PCA gerada para as variáveis limnológicas.

A regressão múltipla com partição da variância foi usada para dividir os efeitos do clima (C), variáveis relacionada ao uso do solo e impacto humano (IH) e espacial (VE) na variação da estrutura limnológica das lagoas analisadas. A ideia da partição da variância é a obtenção de frações de variação nos dados limnológicos que podem ser atribuídos a diferentes fatores, como se segue: [a] a variação puramente explicada pelo clima, [b] a variação que pode ser atribuída puramente ao impacto humano, [c] a variação puramente explicado pela variável espacial, [d] variação partilhada pelo C e IH, [e] a variação compartilhada por IH e VE, [f] variação compartilhada por C e VE, [g] variação partilhada por C, IH e VE e [h] a variação residual. Em análises de regressão com dados espacializados é importante averiguar os resíduos da análise, uma vez que a não independência dos dados poderá inflar o Erro tipo I.

Como programa computacional para auxílio nos cálculos estatísticos foi utilizado o programa R. O R é um ambiente de *software* livre para análises estatísticas e gráficas. A função utilizada neste programa foi Varpart. que compõe o pacote Vegan.

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A necessidade de obter as características físico-químicas das águas tem sido observada em vários países (HUO et al., 2012). Esta caracterização é desenvolvida através da criação de valores limites para parâmetros, visando definir a qualidade de água e a preservação de ambientes, como o caso dos Estados Unidos e da Europa (ESPEJO et al., 2012). A estrutura limnológica é determinada por vários fatores, entre eles o uso e ocupação do solo, a antropização, o clima e as dinâmicas sazonais que os ambientes são submetidos (PITHART et al., 2011). Em ambientes tropicais os estudos de limnologia ainda são poucos, necessitando de maior atenção.

As alterações antrópicas em ambientes aquáticos naturais de inundação também estão em sendo observados (MIDDLETON, 2002; LATRUBESSE e STEVEAUX, 2006; TONOLLA et al., 2010). A grande perda de áreas de inundação em diversos países e em diferentes ecossistemas gera a preocupação sobre as áreas restantes e estudos que possibilitem a manutenção destes ambientes (STEVEN e GRAMLING, 2012; VAN DEN BRINK et al., 2012; SCHLEUPNER e SCHNEIDER, 2012). Assim compreender como eles funcionam e os fatores que mais o afetam é de grande importância.

De acordo com BRINSON e MALVÁREZ (2002) extensas planícies de inundação foram perdidas durante o processo de expansão de áreas agrícolas e para a criação de extensas áreas de urbanização. Atualmente, das planície de inundação que restam, parte estão localizadas no Brasil, China e Índia. Este fator pode ser negativo a preservação das planícies visto que são países em desenvolvimento e que irão continuar em processo acelerado de expansão, podendo não preservar áreas necessárias, segundo os mesmos autores.

Em geral as variáveis limnológicas indicaram lagoas com características de ambientes preservados. O pH médio das lagoas foi de 6,57 indicando uma leve acidez, que pode ser explicada pela época de coleta pois as cheias provocam a inundação de áreas vegetadas, gerando maior quantidade de matéria orgânica a ser dissolvida. A temperatura média foi de 28°C, o que condiz com as águas tropicais. A condutividade elétrica média entre as lagoas foi de 177.7 mS/cm e os sólidos totais dissolvidos médio foi de 89 mg/L.

Tabela 4- Valores encontrados para as variáveis limnológicas das lagoas amostradas.

<b>Variáveis Limnológicas</b>	<b>Valores Mínimos</b>	<b>Valores Médios</b>	<b>Valores Máximos</b>
pH	5,93	6,57	7,88
Condutividade Elétrica	12,78 mS/cm	177.7 mS/cm	448 mS/cm
Oxigênio Dissolvido	1 mg/L	3,4 mg/L	9,1 mg/L
Temperatura	24,6 °C	28 °C	31,1 °C
Turbidez	3,4 uT	29.22 uT	127 uT
Sólidos Totais Dissolvidos	5,52 mg/L	89 mg/L	195,6 mg/L
Saturação de Oxigênio	6,48 %	20 %	45,39 %
Profundidade	4,2 m	6,5 m	9,6 m
Fósforo Total	4,69 mg/L	16,1 mg/L	31,1 mg/L
Nitrogênio Total	73,87 mg/L	109,3 mg/L	249,72 mg/L
Transparência	19 cm	84 cm	223 cm

As lagoas apresentaram profundidade média de 6,5 m, e a transparência de 84 cm. A turbidez média encontrada foi de 29.22 uT. As concentrações de Oxigênio Dissolvido e a saturação de oxigênio tiveram as respectivas médias: 3,4 mg/L de O<sup>2</sup> e 20%. Os valores para as concentrações de oxigênio encontradas não foram muito alto, em algumas lagoas muito abaixo do esperado para ambientes naturais preservados. Isso pode ser explicado pela matéria orgânica acumulada pela inundação, além da diminuição do oxigênio pela época de chuva. O nitrogênio total foi de 109,3 mg/L e o fósforo total de 16,1 mg/L (Tabela 2).

A análise de componentes principais revelou que os dois primeiros eixos explicaram 64% da variação dos dados. O primeiro se relacionou positivamente com a temperatura, a transparência e o nitrogênio total e negativamente com o fósforo, turbidez e oxigênio dissolvido. As variáveis com maior relação com o eixo 2 foram a condutividade elétrica, o STD (Figura 5).

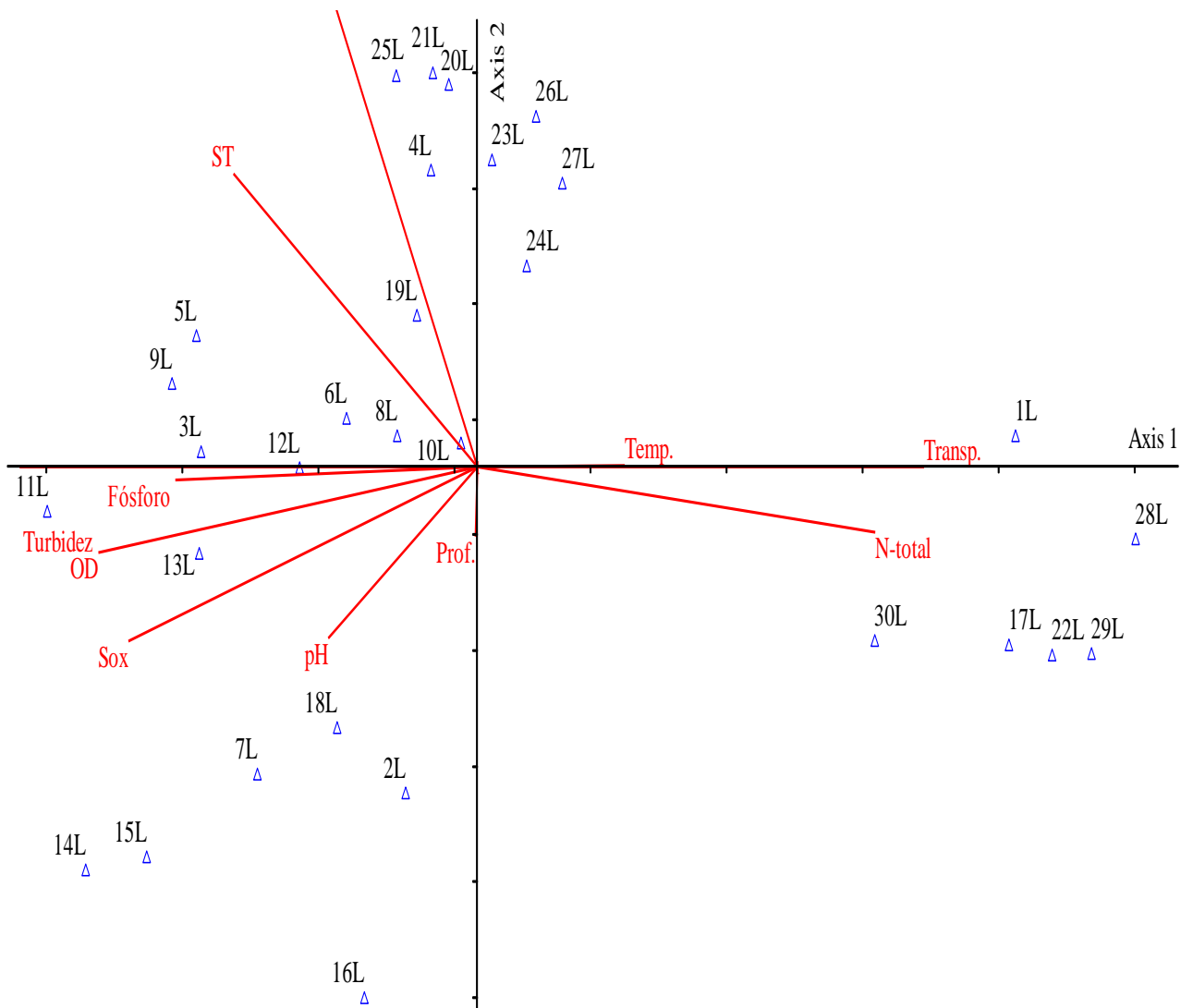


Figura 5- Análises dos componentes principais das variáveis limnológicas para as trinta lagoas de inundação do médio Rio Araguaia.

As 30 lagoas estudadas neste artigo são lagoas perenes e apresentaram as características típicas de qualidade de água para épocas de inundação. A alta turbidez em algumas lagoas, média transparência e a quantidade de sólidos totais dissolvidos, indicam o maior aporte de sedimentos durante a época de inundação em algumas regiões. Os valores apresentados para a estrutura limnológica, com exceção do OD, apresentaram em geral valores baixos de degradação de qualidade, indicando uma boa qualidade da água e uma boa preservação das lagoas, utilizando como comparativo a resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005).

Com a utilização do I de Moran detectou-se que existe um padrão espacial das estruturas limnológicas e climáticas nas bacias mais próximas. Este padrão espacial é

reconhecível em estruturas ecologicamente semelhante, devido à autocorrelação espacial (LEGENDRE e LEGENDRE, 2000). Gray e colaboradores (2011) avaliaram a correlação espacial entre lagos de inundação e determinaram que a precipitação é capaz de influenciar mais na autocorrelação do a conectividade com o canal. O uso do solo não apresentou padrão espacial.

Os valores encontrados para a análise de autocorrelação espacial a partir do primeiro eixo da PCA das variáveis limnológicas indicam que existe uma forte autocorrelação positiva entre as variáveis limnológicas e a distribuição espacial (Figura 6). Portanto, lagoas geograficamente próximas apresentam estrutura limnológica semelhante, enquanto lagoas geograficamente distantes são limnologicamente distintas.

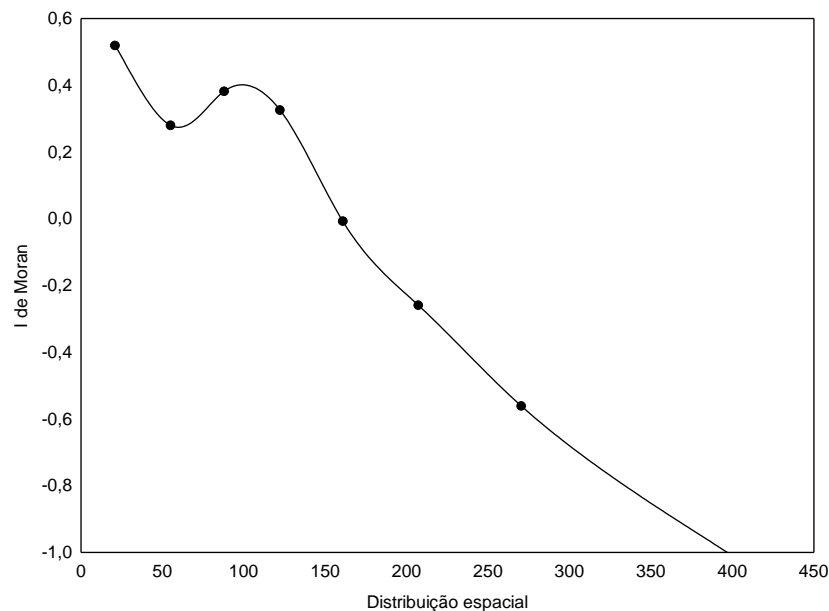


Figura 6 - Correlograma espacial do primeiro eixo da PCA das variáveis limnológicas das 30 lagoas das planície de inundação do médio Rio Araguaia para o mês de janeiro de 2012.

As classificações do uso do solo mostraram que as regiões próximas às lagoas estão sofrendo conversão de suas áreas naturais para áreas de agricultura e de pastagem. Das trinta lagoas, doze possuem alguma conversão, enquanto dezoito permanecem inalteradas, quanto à conversão do uso do solo. Para a área total classificada que foi um buffer de 10 km ao redor das lagoas foram encontrados: 9 km<sup>2</sup> de áreas convertidos para agricultura, 6,5 km<sup>2</sup> de áreas de pastagem e 16 km<sup>2</sup> de áreas urbanas. A grande maioria foi de vegetação natural, mas os dados mostram que está havendo o avanço da pressão antrópica sobre as lagoas.

As lagoas de inundação estudadas apresentaram baixa taxa de conversão antrópica. Doze lagoas foram modificadas para uso do solo, em grande parte localizadas no Estado de



Goiás e Mato Grosso. Em sua maioria as lagoas do Estado do Tocantins se encontram mais preservadas. As lagoas estudadas no Estado do Tocantins estão próximas a áreas indígenas e a Ilha do Bananal, uma das maiores ilhas de água doce, e que é bastante preservada, o que permite uma maior proteção dos recursos naturais da região (LATRUBESSE e STEVEAUX, 2002). Além disso, o Estado do Tocantins apresenta área de menor desmatamento, estando como um dos mais preservados em um estudo realizado em sobre o desmatamento no Brasil (SANO et al., 2010).

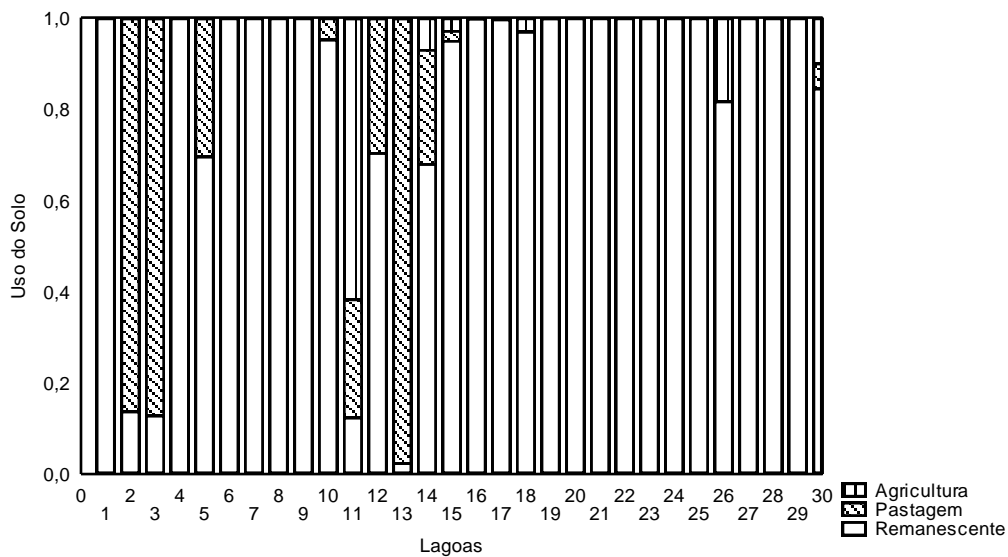


Figura 7 - Distribuição do uso do solo para as 30 lagoas da planície de inundação do médio Rio Araguaia para o mês de maio de 2011.

Os valores da Human Footprint são obtidos de acordo com o impacto humano causada nos pontos geográficos de interesse. Para as lagoas analisadas, os valores demonstraram que existem algumas lagoas com um número maior de impacto, tendo a lagoa mais impactada um valor de 0,34. Em geral os valores encontrados foram baixos, demonstrando um estado de conservação das áreas naturais.

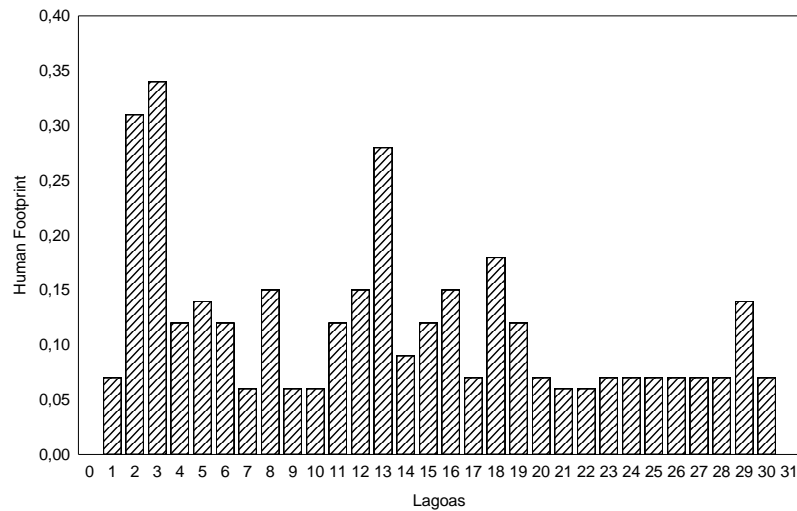


Figura 8 - Valores da Human Footprint obtidos para as 30 lagoas da planície de inundação do médio rio Araguaia.

A planície de inundação do Rio Araguaia possui baixo desmatamento devido a solos pobres e por seus regimes de inundação (SAWAKUCHI, 2010). No entanto a bacia hidrográfica em sua total extensão tem sofrido intenso desmatamento desde 1970 (COE et al., 2011). Esse desmatamento ocorre com maior intensidade no alto Araguaia, e alguns estudos estão sendo feitos para avaliar o impacto no leito do rio (COE et al., 2011; LATRUBESSE et al., 2009). Ainda assim, ao analisar resultados de degradação para as lagoas em uma escala de diferentes anos foi possível detectar o avanço nas atividades antrópicas próximas às lagoas.

Não foi observado padrão espacial da distribuição das classes de uso do solo. De forma que o impacto gerado nas lagoas não apresenta padrão de autocorrelação (Figura 9). Para as variáveis climáticas o resultado encontrado com as variáveis de temperatura média anual e precipitação anual apresentou forte padrão espacial (Figura 10).

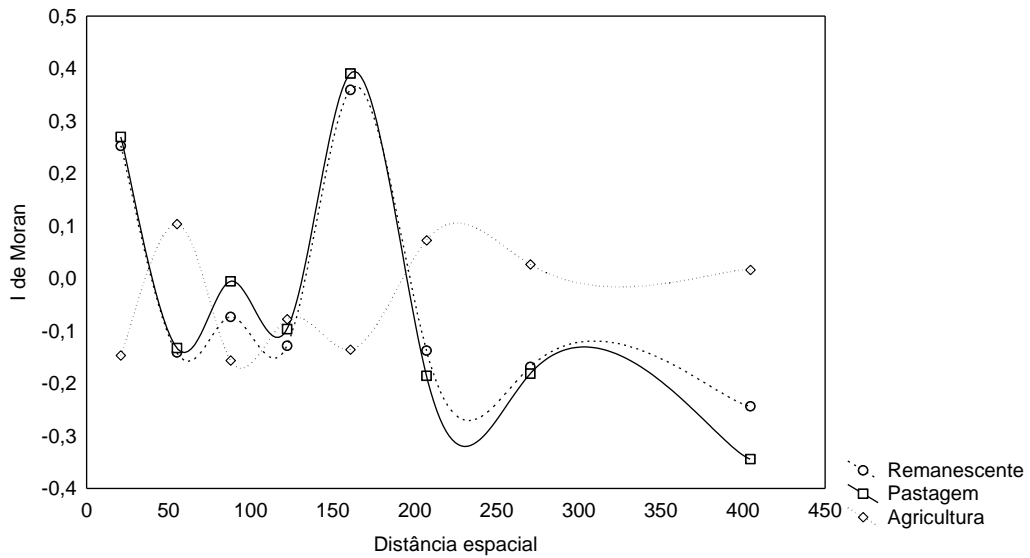


Figura 9 - Correlograma espacial das variáveis de uso do solo das 30 lagoas da planície de inundação do médio Rio Araguaia para o mês de maio de 2011.

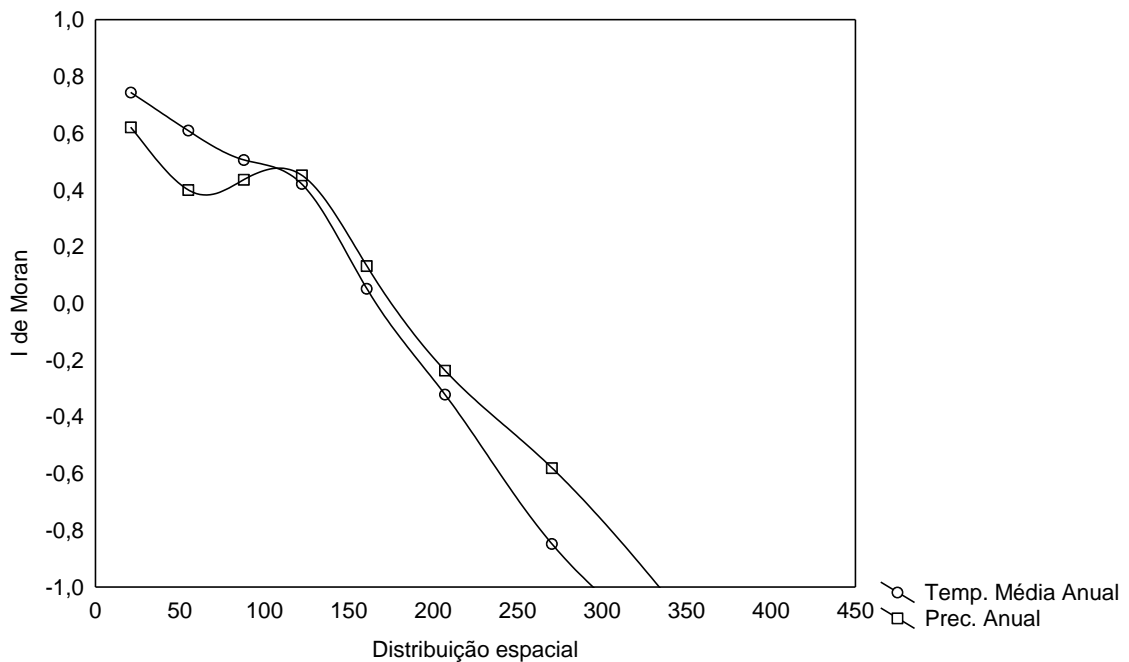


Figura 10 - Correlograma espacial das variáveis climáticas das 30 lagoas da planície de inundação do médio Rio Araguaia.

A partir da regressão múltipla foi feita a partição da variância, de forma a evidenciar quanto de cada variável explica a estrutura limnológica das lagoas. Para esta análise foram utilizadas as variáveis climáticas: temperatura média anual e precipitação anual. Para o impacto humano, somente a variável agricultura foi utilizada, e os dois filtros autovetores

escolhidos: um e quatro. É possível afirmar que somente o clima é o fator que influencia na caracterização limnológica de cada lagoa.

Para as lagoas analisadas o clima se mostrou significativo estatisticamente. De forma que as variáveis climáticas explicaram 11% das variações limnológicas das lagoas analisadas. Os outros fatores não se mostraram significativos para a análise destas lagoas. Dentre as variáveis climáticas, a temperatura apresentou-se negativamente correlacionada com o primeiro eixo da PCA ( $b=-0,267$ ) e precipitação positivamente correlacionada com o primeiro eixo da PCA ( $b=0,965$ ).

Tabela 5 - Valores encontradas para explicar a estrutura limnológica das lagoas, de acordo com: (a) puramente o clima, (b) puramente o impacto humano, (c) puramente o espaço, (D) clima+impacto humano, (e) impacto humano+variáveis espaciais, (f) clima+variáveis espaciais, (g) clima+impacto humano+ variáveis espaciais, e (h) os resíduos.

<b>Componentes</b>	<b>R2</b>	<b>P</b>
a	0,11413	0,0098
b	0,02677	0,0801
c	-0,0121	0,609
d	0,00425	-
e	0,02639	-
f	0,55259	-
g	-0,03048	-
h	0,31844	-

Com o uso da regressão foi detectado a porcentagem de atuação de cada variável na estrutura limnológica encontrada nas lagoas. Foi observado que apenas o clima foi significativo estatisticamente. O uso do solo não foi estatisticamente significativo, isso indica que ele não interfere de forma significativa em uma análise de escala regional das lagoas e isso pode ser explicado por alguns fatores, como se segue.

O clima é um fator que tem sido muito estudado em pesquisas em ambientes aquáticos. Ele influencia diretamente nas reações químicas que ocorrem na água e nas comunidades de animais (PITHART et al., 2007). Além destes fatores, as mudanças climáticas incentivaram o desenvolvimento de artigos que ajudem a explicar como estes ambientes se comportam em relação ao clima (CIANFRANI et al., 2011).

O clima é marcado por duas variáveis que influenciam intrinsecamente os ecossistemas: a temperatura e as alterações sazonais devido à precipitação. A temperatura das águas atua diretamente nas reações químicas que acontece em ambientes aquáticos, além de influenciar na dispersão da biodiversidade. Tonolla et al., (2012) acredita que as alterações na temperatura podem influenciar na dispersão de peixes em planície de inundação. Eles utilizaram o sensoriamento remoto para analisar as temperaturas médias da região e como as espécies se comportavam com o aumento e a diminuição da mesma ao longo do ano, concluindo que os processos de reprodução e migração de comunidades são influenciados por esta.

Os peixes também foram analisados por Beesley et al., (2012) no Rio Murray, na Austrália. Eles encontraram uma maior disponibilidade destes em épocas de chuva, do que em épocas de secas, mostrando que as mudanças sazonais influenciam na manutenção dos indivíduos. Este fator indica que a quantidade de água em ambientes de inundação é um fator limitante.

O clima é um dos principais determinantes em escalas regionais (YUE et al., 2011). Rodrigues et al. (2009), observaram alterações na comunidade fitoplanctônica em anos de escassez de água devido ao evento *El Niño* em reservatórios da bacia hidrográfica do Rio Paraná. Todd et al. (2012) preocupados com os efeitos das alterações climáticas em áreas de degelo, analisaram a qualidade da água através de características químicas da água de um córrego próximo.

A importância do clima sobre as variáveis limnológicas destaca a importância das alterações climáticas globais sobre condições limnológicas regionais. De fato, muito tem se discutido sobre o impacto das mudanças climáticas em diferentes escalas geográficas, no entanto, ainda carecem estudos que avaliem o impacto das mudanças climáticas em ambientes aquáticos (NABOUT et al., 2009).

O presente trabalho não tem o objetivo de fazer essa avaliação, no entanto, uma observação descritiva permite detectar que em média a temperatura atmosférica para a região de estudo irá aumentar em 1,4°C, enquanto que a precipitação irá aumentar em 119 mm (dados do Worldclim para o ano de 2050, cenário pessimista e modelo CCSM3).

Em um futuro climaticamente diferente, ecossistemas de água doce poderiam se alterar devido ao aumento da precipitação e da temperatura, que pode ser observado nas lagoas em questão, podendo haver uma modificação nas estruturas limnológicas, ocasionado perda da qualidade ambiental, fenômenos de eutrofização e consequente alteração da biodiversidade aquática (HALL et al., 2008).

Brinson e Malvarez (2002) preveem predas significativas nas áreas de inundação por todos os continentes até 2025. Eles acreditam que as alterações pelas mudanças climáticas podem gerar grandes danos a estes ambientes. Cisková et al., (2011) ao analisar modelos de alterações climáticas, também acreditam que as áreas de inundação da Europa podem sofrer com as mudanças sazonais que surgiram, devido as alterações na temperatura média anual e na precipitação média anual.

Se o clima da região interfere diretamente nas lagoas de inundação analisadas é possível afirmar que as alterações previstas pelo IPCC podem impactá-las ao longo do tempo, sendo necessário a análise e monitoramento de vários fatores em conjunto como a vegetação, o uso do solo, as espécies, a temperatura e precipitação, que são fatores que influenciam em um ecossistema (SERENGIL et al., 2011), e avaliar quanto de alteração na área pode ser decorrente destas mudanças climáticas.

### 3.5 CONCLUSÃO

As planícies de inundação são ambientes sensíveis e que podem facilmente sofrer as influências das ações antrópicas. O estudo e a restauração destes ambientes é uma vertente seguida em muitos países, devendo ser adotada também no Brasil (BRINSON e MALVARÉZ, 2002).

A bacia hidrográfica do Rio Araguaia está sofrendo com as ações antrópicas e a planície inundável começa a apresentar áreas convertidas. O conhecimento destes ambientes se torna essencial para a sua conservação. Por isso uma maior quantidade de estudos sobre estes sistemas é seria relevante.

É possível afirmar que nas lagoas estudadas existe um padrão espacial na distribuição da estrutura limnológica e na estrutura climática, de forma que lagoas próximas tendem a ser mais parecidas e que as lagoas distantes tende a ter menor semelhança. O clima é um grande atuante nestas características limnológicas das lagoas do médio Rio Araguaia.

De acordo com as mudanças previstas pelo IPCC é possível afirmar que estes ambientes podem vir a sofrer os impactos das mudanças climáticas. Portanto, o

monitoramento e avaliação de diferentes fatores que compõe este tipo de ambiente se torna necessário para a manutenção destes ambientes.

### 3.6 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 19th ed. Washington, APHA/WEF/AWWA, 1999. 1400p.

AQUINO, S.; LATRUBESSE, E.M.; SOUZA FILHO, E.E., 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.

BAYER, M. **Dinâmica do transporte e estratigrafia dos sedimentos da planície aluvial do Rio Araguaia**. 2010. 104p. Tese- Doutorado em Ciências Ambientais. Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

BEESLEY, L.; KING, A.J.; AMTSTAETTER, F.; KOEHN, J.D.; GAWNE, B.; PRINCE, A.; NIELSEN, D.L.; VILIZZI, L.; MEREDITH, S.N. Does flooding effect spatiotemporal variation of fish assemblages in temperature floodplain wetlands? **Freshwater Biology**, n.57, p. 2230-2246, 2012, DOI 10.1111/j.1365-2427.2012.02865.x.

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

BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal Brasileiro. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 1965.

BRASIL. Resolução CONAMA nº357, de 17 de março de 2005. Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional. Publicado no D.O.U., 2005.

BRINSON, M.M.; MALVARÉZ, I. Temperature freshwater wetlands: Types, status and threats. **Environmental Conservation**, n.29, 2002, DOI: 10.1017/S0376892902000085.

CHALUPOVÁ, D.; HAVIKOVÁ, P.; JANSKÝ, B. Water quality of selected fluvial lakes in context of the Elbe River: pollution and anthropogenic activities in the floodplain. **Environmental Monitoring and Assessment**, n.184, p. 6283-6295, 2012.

CIANFRANI, C.; LAY, G.L.; MAIORANO, L.; SATIZABAL, H.F.; LOY, A.; GUIBAN, A. Adapting global conservation strategies to climate change at the European scale: The otter as a flagship species. **Biological Conservation**, v.144, p.2068–2080, 2011.

CISKOVÁ, H.; KVET, J.; COMÍN, F.A.; LAIHO, R.; POKORNY, J.; PITHART, D. Actual state of European wetlands and their possible future in the context of global climate change. **Aquatic Sciences**, 2011, DOI 10.1007/s00027-011-0233-4.

COE, M. T.; LATRUBESSE, E. M.; FERREIRA, M. E.; AMSLER, M. L. The effects of deforestation and climate variability on the streamflow of the Araguaia River, Brazil. **Biogeochemistry**, DOI 10.1007/s10533-011-9582-2, 2011.

CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente; Resolução no. 357 de 15 de março de 2005. Brasília, DF, 2005.

DINIZ-FILHO, J.A.F.; BINI, L.M. Modelling geographical patterns in species richness using eigenvector-based spatial filters. **Global Ecology and Biogeography**, v.14, p.177–185, 2005.

DINIZ-FILHO, J.A.; OLIVEIRA, G. de.; LOBO, F.; FERREIRA, L.G.; BINI, L.M.; RANGEL, T.F.L.V.B. Agriculture, habitats loss and spatial patterns of Human occupation in a biodiversity hotspots. **Scientia Agricola**, v.66, n.6, p.767-771, 2009.

DRAY, S.; LEGENDRE, P.; PERES-NETO, P.R. Spatial modelling: a comprehensive framework for principal coordinate analysis of neighbour matrices (PCNM). **Ecological Modelling**, n.96, p.483-493, 2006.

ESPEJO, L.; KRESTSCHNER, N.; OYARZÚN, J.; MEZA, F.; NÚÑEZ, J.; MATURANA, H.; SOTO, G.; OYARZO, P.; GARRIDO, M.; SUCKEL, F.; AMEGAZA, J.; OYARZÚN, R. Application of water quality indices and analysis of the surface water quality monitoring network in semiarid North – Central, Chile. **Environmental Monitoring and Assessment**, n.1894, p.5571-5588, 2012. DOI 10.1007/s10661011-2363-5.

FARIA, K.M.S. de.; CASTRO, S.S. de. Uso da terra e sua relação com os remanescentes de Cerrado na alta Bacia do Rio Araguaia (GO, MT e MS). **Geografia**, v.32, n.3, p. 657-668, 2007.

GANJI, Z.; SHOKOOHI, A.; SAMANI, J.M.V. Developing an agricultural flood loss estimation function (case study: rice). **Nat. Hazards**, n.64, p.405–419, 2012, DOI 10.1007/s11069-012-0250-1.



GRAY, B.R.; ROGALA, J.R.; HOUSER, J.N. Treating floodplain lakes of larges rivers as study units for variables that vary within lakes; an evaluation using Clorophyll-A and Inorganic suspended solids data from floodplain lakes of the upper Mississippi river. **River research and applications**, DOI 10.1002/rra.1603, 2011.

HAIR, J.F.; BLACK, W.C.; BABIN, B.J. ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L. Análise multivariada de dados. Porto Alegre: Bookman, 2009. 608 p.

HALL, N.; STUNTZ, B.; ABRAMS, R. Climate change and freshwater resources. *Natural Resources and Environment* 22, p.30–35, 2008.

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**, n.26, p.324–334, 2012.

HUDSON, P.F.; COLDITZ, R.R.; AGUILAR-ROBLEDO, M. Spatial relations between floodplain environmental and land use – land cover of a large low land tropical River Balley: Panuco Basin, México. **Environmental Management**, v.38, n.3, p. 487-503, 2006.

JORDAN, Y.C.; GHULAM, A.; HERMAN, R.B. Floodplain ecosystems response to climate variability and land-cover and land-use change in Lower Missiori River Basin Lansdscape. **Ecology**, n.27, p.843-857, 2012.

LATRUBESSE, E.; STEVAUX, J. C. Geomorphology and environmental aspects of Araguaia Fluvial Basin Brazil. **Zeitschrift fur Geomorphologie**, v. 129, p. 109-127, 2002.

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

LATRUBESSE, E.M.; AMSLER, M.L., MORAIS, R.P. de.; AQUINO, S. The geomorphologic response of a large pristine alluvial river the tremendous deforestation in the South American tropics: The case of the Araguaia River. **Geomorphology**, DOI 10.1016/j.geomorph.2009.03.014, 2009.

LATTIN, J.; CARROLL, J.D.; GREEN, P.E. **Análise de dados Multivariados**. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical Ecology**. 2ª ed., Canadá: Elsevier, 2000.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2007: The Physical Science Basis – Summary for Policymakers. Disponível em <<http://www.ipcc.ch/SPM2feb07.pdf>>. 2007. Acessado em 15/11/2012.

MIDDLETON, B.A. The flood pulse. **Conceptin wetland restoration**, ISBN 0 471-41807-2, 2002.

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

MORAIS, R.P.; AQUINO, S.; LATRUBESSE, E.M. Controles hidrogeomorfológicos nas unidades vegetacionais da planície aluvial do Rio Araguaia, Brasil. **Acta Scientiarum Biologica Science**, v. 30, n.4, p. 411-421, 2008.

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

PITHART, D.; PICHLOVÁ, P.; BÍLÝ, M.; HRBÁČEK, J.; NOVOTRÁ, K.; PECHAR, L. Spatial and temporal diversity of small shallow waters in river Luznice floodplain. **Hydrobiologia**, n. 584, p.265-275, 2007.

RANGEL, T.F.L.V. B; DINIZ-FILHO, J.A.F.; BINI, L.M. SAM: uma aplicação abrangente para Análise Espacial em macroecologia. **Ecography**, v.33, p.46-50, 2010.

RODRIGUES, L.C.; TRAIN, S.; BOVO-SCOMPARIN, V.M.; JAT, S.; BORSALLI, C.C.J.; MARENGONI, E. Interannual variability of phytoplankton in the main rivers of the Upper Paraná River floodplain, Brazil: influence of upstream reservoirs. **Brazilian Journal Biology**, v.69,n.2, p.501-516, 2009.

SANDERSON, E.W.; JAITEH, M.; LEVY, M.A.; REDFORD, K.H.; WANNEBO, A.V.; WOOLMER, G. The Human Footprint and the Last of the Wild. **BioScience**, v.52, n.10, p. 891-904, 2002.

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, p. 113-124, 2010.

SAWAKUCHI, H.O. **Alteração no uso e cobertura do solo na bacia do médio Rio Araguaia/Brasil Central**. 2010. 131p. Dissertação – Mestrado em Ecologia Aplicada. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

SCHLEUPPER, C.; SCHNEIDER, U.A. Allocation of European wetland restoration options for systematic conservation planning. **Land Use Policy**, n.30, p. 604-614, 2011.

SERENGIL, Y.; AUGUSTAITIS, A.; BYTNEROWICZ, A.; GRULKE, N.; KOZOVITZ, A. R.; MATYSSEK, R.; MÜLLER-STARCK, G.; SCHAUB, M.; WIESER, G.; COSKUN A.A.; PAOLETTI, E. Adaptation of forest ecosystems to air pollution and climate change: a global assessment on research priorities. **iForest**, v. 4, 44-48, 2011.

SINGH, C.K.;SHASHTRI, S.; MUKHERJEE, S.; KUNARI, R.; AVATAR, R.; SINGH, A.; SINGH, R.P. Application of GWQI to asses effect of land use change on groundwater quality in lower Shiwaliks of Punjab: remote sensing and GIS based approach. **Water Resource Manage**, v.25, p. 1881 – 1898, 2011.

STEVE, D.D.; GRAMLING, J.M. Diverse characteristics of wetlands restored under the wetlands. Reserve Program in Southastern United States. **Wetlands**, n.32, p. 593-604, 2012.

TODD, A.S.; MANNING, A.H.; VERPLANCK, P.L.; CROUCH, C.; MCKNIGHT, D.M.; DUNHAM, R. Climate-change-driven deterioration of water quality in a mineralized watershed. **Environmental Science and Technology**, n.46, p.9324-9332, 2012.

TONOLLA, D.; ACUNÃ, V.; UEHLINGER, U.; FRANK, T.; TOCKNER, K. Thermal heterogeneity in river floodplain. **Ecosystems**, v.13, p. 727-740, 2010.

TONOLLA, D.; WOLTER, C.; RUHTZ, T.; TOCKNER, K. Linking fish assemblages and spationtemporal thermal heterogeneity in a river floodplain landscape using high-resolution airborne thermal infrared remote sensing and in-situ measurements. **Remote Sensing of Environmental**, n.125, p.134-146, 2012.

TRAUTWEIN, C.; SCHIENEGGER, R.; SCHMUTZ, S. Cumulative effects of land use on fish metrics in different types of running water in Australia. **Aquatic Sciences**, n.74, p. 329-341, 2012.

VAN DEN BRINK, F.W.B.; VAN DEN VELDE, G.; WIJNHOFEN, S. Diversity, occurrence and feedin traits of caddisfly larvae as indicator for ecological integrity of river-floodplain habitats along a connectivity gradient. **Ecological Indicators**, n.25, p. 219-232, 2013.

YUE, T.-X.; ZE-MEN, F.; CHEN, C.-F.; SUN, X.-F.; LI, B.-L. Surface modelling of global terrestrial ecosystems under three climate change scenarios. **Ecological Modelling**, v. 222, p.2342– 236, 2011.

#### 4. CONCLUSÃO

A partir deste trabalho é possível afirmar que:

- O estudo sobre a qualidade de água tem aumentado nos últimos anos;
- Os ambientes aquáticos mais estudados são os rios e lagos/reservatórios;
- Os estudos são voltados para água de abastecimento e de irrigação;
- Os fatores que interferem na produção científica sobre qualidade de água são a infraestrutura (abastecimento e saneamento) e o PIB de cada país;
- As lagoas estudadas da planície de inundação do Médio Araguaia ainda são pouco alteradas, apresentando baixa taxa de conversão de área;
- As variáveis limnológicas obtidas, com exceção do Oxigênio Dissolvido em algumas lagoas, apresentaram valores de ambientes conservados;
- É possível afirmar que existe correlação espacial para as variáveis limnológicas e para o clima, mas o mesmo resultado não foi obtido para uso do solo;

- Através da regressão realizada é possível afirmar que o clima é o maior interferente na estrutura limnológica encontrada, representando 11% do mesmo.

## 5. APÊNDICE

Tabela - Variáveis limnológicas encontradas em 30 lagoas do Médio Rio Araguaia. Onde: Cond.=Condutividade Elétrica, T(°C)=Temperatura da água, Turb.= Turbidez, STD=Sólidos Totais Dissolvido, Tp.= Transparência, S. Ox.=Saturação de Oxigênio, Prof.= Profundidade.

Lagoa	Cond. (mS/cm)	OD (mg/L)	pH	T(°C)	Turb. (uT)	STD (mg/L)	Tp. (cm)	S.Ox(%)	Prof.(m)	F-Total (mg/L)	N-total (mg/L)
1	18,95	1,1	6,31	28,8	8,1	8,31	154	6,48	5,5	7,4710	173,4510
2	18,96	4	6,17	27,6	34,9	8,21	44	25,46	7,7	17,8090	94,9690
3	448	9,1	6,68	28,3	25,2	195,6	67	28,1	5,9	28,9034	129,9034
4	351	2,1	6,37	26,8	25,2	152,6	66	12,98	7,4	13,7747	100,1547
5	230	2,8	6,3	26,5	54,3	98,8	30	16,77	8	31,1727	85,9427
6	241	4,6	6,47	26,6	16,5	104,4	67	14,51	8,7	25,1212	115,3312
7	34,8	3,8	6,51	26,7	51,4	14,99	31	24,27	9,2	22,3476	86,8176
8	280	4,5	6,62	28,5	15	122,2	95	26,5	5,5	23,6084	150,6084
9	267	3,8	6,33	29,2	71,5	115,3	22	24,97	9,6	17,3047	73,8747
10	229	4,4	6,52	28,7	13,2	98,9	93	28,62	5,9	13,5225	141,0425
11	269	4,4	7,2	26,3	71	114	24	26,52	7,4	18,5654	76,4854
12	298	3,5	7,1	26,7	23,3	126	71	20,48	7,2	21,3391	120,0191
13	24,7	4,5	6,46	24,6	43,4	103,8	37	25,04	5	17,5569	84,5969
14	26,6	7	7,06	27,6	127	11,9	19	41,71	4,2	18,3133	83,2233
15	28,2	6,7	7,3	29,4	54,5	126,9	33	45,39	6,9	19,0697	104,3597
16	40,3	3,9	7,85	27,6	19,7	17,67	83	32,94	6,8	21,5912	144,3312
17	17,1	1,3	6,14	29,8	4,7	7,55	196	8,82	8,5	17,5569	230,8769
18	39,8	4,4	7,88	27,5	18,3	171,6	79	23	5,9	14,5311	122,4311
19	363	3,2	6,77	29,5	17,1	155,4	74	21,42	5,9	16,8004	118,1204
20	325	2,2	6,28	29,1	26,2	140,2	58	13,51	4,9	16,2961	92,7061
21	367	2	6,52	30,1	31,5	159	55	15,88	4,2	14,7833	89,8633
22	12,78	1,7	5,93	27,6	3,4	5,52	223	10,84	6,4	9,4882	249,7282

Lagoa	Cond. (mS/cm)	OD (mg/L)	pH	T(°C)	Turb. (uT)	STD (mg/L)	Tp. (cm)	S.Ox(%)	Prof.(m)	F-Total (mg/L)	N-total (mg/L)
23	230	3,4	6,24	28,2	20,2	98,3	69	14,87	4,5	9,4882	97,8582
24	248	2,3	6,31	27,8	18,2	109	79	14,3	8,5	10,7489	112,5489
25	318	2,2	6,38	27,2	28,3	138,9	49	13,38	4,9	11,7575	79,0375
26	273	2,3	6,35	27,2	16,4	119,5	85	12,12	4,6	11,7575	113,4775
27	288	2	6,42	28,6	20,1	125	90	12,45	6,6	12,0097	121,0597
28	13,09	1	6,16	30	5	5,78	209	8,37	5,6	7,9753	230,9453
29	13,05	1,6	6,23	31,1	5,2	5,77	208	11,51	6,2	6,9667	232,6767
30	17,96	2,2	6,34	28,4	7,8	7,86	122	14,54	6,7	4,6974	147,9374

