



Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras

Monografia para a Obtenção do Grau de Licenciatura em Química Marinha

Influência de actividades antropogénicas sobre alguns parâmetros da qualidade de Água da Lagoa Azul – Nicoadala.



Autor:

Alberto Mandala Roda



Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras

Monografia para a Obtenção do Grau de Licenciatura em Química Marinha

**Influência de actividades antropogénicas sobre
alguns parâmetros da qualidade de Água da Lagoa Azul –
Nicoadala.**

Autor:

Alberto Mandala Roda

Supervisor:

Msc: Lúcio José Tomás Jasse

Quelimane, Outubro de 2018

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho:

Especialmente aos meus pais: Mandala Roda Júnior e Virgínia Alberto Mufanequiço, aos meus irmãos: Adelina Roda, Mandala Roda, Ana Cristina Roda, Flávia da Hérica Roda e Júlio Roda e a minha avó Cristina Juliasse.

AGRADECIMENTOS

Endereço os meus agradecimentos:

Á Deus primeiramente, pela vida e por ter proporcionado em mim a fé, humildade, força e o tempo suficiente para que esse trabalho fosse realizado.

Profundos e imensuráveis ao meu supervisor Msc. Lúcio Jasse, por toda atenção prestada, preocupação manifestada, incentivo em meus objectivos e prontidão na transmissão dos seus conhecimentos durante o trabalho da Monografia, Muito obrigado.

Aos meus pais a minha profunda e eterna gratidão por terem sido o contínuo apoio em todos estes anos, ensinando-me a importância da construção e coerência de meus próprios valores.

A todos trabalhadores e corpo docente da (ESCMC-UEM), especialmente a Prof^a. Doutora Valera Dias pelas observações e correcções do trabalho durante a cadeira de Ante-projecto e ao Msc. Noca Furaca principalmente por me ajudar na disponibilização do material do campo.

A turma de Química Marinha e aos amigos que fiz durante a Licenciatura, especialmente ao Adriano Mberequete, Andrisse Augusto, Micheque Viano, Pompeu Mucova, Gaston Emile, Esperante Dualia, Edson Mavie, Lucas Xadrique, Páscoa Fevereiro e Domingos Filipe, pela amizade, ajuda na colheita de amostras e valiosa interacção académica. Aos meus amigos e companheiros do lar principalmente ao Raimundo da Silva, Paulo Nota, Fernando Cachepe, Abelardo Paruque e Osvaldo Pascoal pela força e directrizes que sempre foram muito importantes para o sucesso, progresso e por me ajudarem a colher frascos para a colecta de amostras. Ao dr. Jacob Mourão, na correcção linguística do trabalho.

Aos técnicos de laboratório do FIPAG, principalmente ao técnico Pómpido João por ter me prestado apoio na análise do parâmetro Amónio (NH_4^+) e um forte abraço endereço ao Nilton Nhantumbo pela disponibilidade que este teve no momento da análise laboratorial do trabalho.

A todos que desta ou doutra forma deram-me um puxão em prol da realização deste trabalho meu sincero obrigado.

Meu especial agradecimento!

DECLARAÇÃO DE HONRA

Declaro por minha honra que o presente trabalho de licenciatura é fruto do meu empenho pessoal, resulta das pesquisas por mim feitas e das orientações do meu supervisor Dr. Lúcio Jasse e referir que o mesmo nunca foi apresentado em nenhuma outra Universidade para obtenção de qualquer grau académico, no entanto o seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente citadas e referenciadas no texto.

Autor

(*****Alberto Mandala Roda*****)

Quelimane, Outubro de 2018

RESUMO

A informação hidrológica é importante na planificação de actividades da sociedade, para a gestão de recursos hídricos, bem como na redução de riscos a alteração de qualidade das águas. O presente trabalho de pesquisa foi realizado na Lagoa Azul, distrito de Nicoadala, província da Zambézia, nos dias 28 de Maio (época menos chuvosa) e 04 de Outubro de 2017 (época seca). Todavia, a pesca, balneabilidade, lavagem de roupas, abastecimento de água a tanques piscícolas e a prática agrícola constituem as principais actividades praticadas e dependentes da lagoa. Neste âmbito, surge o princípio de que o trabalho foi elaborado com o objectivo geral de estudar a influência de actividades antropogénicas sobre alguns parâmetros da qualidade de Água da Lagoa Azul – Nicoadala. Para alcançar este objectivo foi possível a bordo de um barco artesanal, onde mediu-se no local os parâmetros Temperatura, Oxigénio dissolvido e Potencial hidrogeniónico pelo instrumento Multiparâmetro OxyGuard e pH metro. Foram colectadas amostras de água em três estações respectivamente na Boca (P1), ao meio (P2) e no extremo da lagoa (P3) durante as épocas menos chuvosa e a seca. O fosfato foi analisado no laboratório de Química da Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras - UEM e determinado pelo fotómetro Multidirect 7, quanto o amónio este foi analisado no laboratório de Qualidade da água do Fundo de Investimento e Património do Abastecimento de Água - Quelimane e o mesmo foi determinado pelo espectrofotómetro de HACH DR 900. As médias dos parâmetros para as duas épocas (chuvosa e seca) foram respectivamente: T°C (23.6°C e 27.25°C), OD (2.72 m/L e 2.86 m/L), PO₄³⁻ (2.68 m/L e 1.9 m/L), pH (6.7 e 6.55) e NH₄⁺ (2.7 m/L). Concluímos que as actividades praticadas na lagoa, embora contribuem em pequenas proporções nas concentrações de amónio, fosfato, oxigénio dissolvido e pH, indicaram influências menos prejudiciais a este meio, uma vez que as lagoas não possuem variações bruscas nos parâmetros de qualidade das águas.

Palavras-chaves: Actividades antropogénicas, Parâmetros físico e químicos, Qualidade de Água; Lagoa Azul.

ABSTRACT

Hydrological information is important for the planning of society's activities and for the management of water resources, as well as for reducing the risks to water quality. This research was carried out in the blue lagoon, Nicoadala District, Zambézia Province, on 28 May and 4 October 2017. However, fishing, bathing, laundry, water supply to fish tanks and practice are the main activities practiced and dependent on the lagoon. In this context the principle emerges that the work was elaborated with the general objective of to study the influence of anthropogenic activities on some parameters of the quality of Water of the Blue Lagoon - Nicoadala. In order to reach this objective, it was possible to board an artisanal boat, where the parameters Temperature, Dissolved Oxygen and Hydrogenionic Potential were measured by the Multi-parameter OxyGuard instrument and pH meter. Water samples were collected at three seasons, respectively in the mouth (P1), in the middle (P2) and at the end of the pond (P3) during the less rainy and dry seasons. The phosphate was analyzed in the laboratory of Chemistry of the School of Marine and Coastal Sciences - EMU and determined by the photometer Multidirect 7, and the ammonium was analyzed in the laboratory of Water quality of the Fund of Investment and Heritage of Water Supply - Quelimane and (23.6 ° C and 27.25 ° C), OD (2.72 m / l and 2.86 m / l), respectively, were determined by the HACH DR 900 spectrophotometer. The average values for the two seasons (rainy and dry) L), PO_4^{3-} (2.68 m / L and 1.9 m / L), pH (6.7 and 6.55) and NH_4^+ (2.7 m / L). We conclude that the activities performed in the lagoon, although contributing in small proportions in the concentrations of ammonium, phosphate, dissolved oxygen and pH, indicated less harmful influences to this medium, since the lagoons do not have abrupt variations in the parameters of water quality.

Key-words: Anthropogenic activities, Physical and chemical parameters, Water Quality; Blue Lagoon.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Principais actividades praticadas na lagoa azul.....	3
Figura 2. Ciclo de nitrogénio nos lagos (<i>Fonte: Barnes e Bliss, 1983</i>)	9
Figura 3. Ciclo aquático do fósforo (<i>Esteves, 1998</i>)	10
Figura 4. Localização das estações de amostragens (<i>Fonte: Google Earth, 2017</i>)	12
Figura 5. Variação da (Temperatura e Oxigénio Dissolvido) da água com a prática antropogénica durante as duas épocas.	16
Figura 6. Variação dos parâmetros químicos (Amónio, Fosfatos e o pH) da água com a prática antropogénica durante as épocas chuvosa e seca.	18
Figura 7. Ilustração de Materiais usados durante a expedição.....	24
Figura 8. Ilustração de alguns instrumentos usados em laboratórios.....	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Ilustração de coordenadas geográficas (Latitude e Longitude) de cada estação de amostragem.....	12
Tabela 2. Resultados dos parâmetros determinados.....	15
Tabela 3. Aplicação do test t de Student para testar as hipóteses estatísticas dos parâmetros.....	24
Tabela 4. Valores críticos da distribuição t de Student.....	25

LISTA DE ABREVIATURAS

Abreviatura	Designação
ESCMC	Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras
UEM	Universidade Eduardo Mondlane
N1	Número 1
NH ₃	Amónia não ionizada
NH ₄ ⁺	Ião amónio
PO ₄ ³⁻	Anião fosfato
T	Temperatura
°C	Graus Célsius
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
mL	Mililitro
mg/L	Miligrama por litro
pH	Potencial hidrogénionico
pK	Potencial alcalino
O.D	Oxigénio Dissolvido
GPS	Global Position System
P 1	Ponto 1
P 2	Ponto 2
P 3	Ponto 3
FIPAG	Fundo de Investimento e Património do Abastecimento de Água

Índice	Páginas
CAPÍTULO I	
INTRODUÇÃO	1
Problematização.....	2
Hipóteses	2
Justificativa.....	2
Objectivos.....	4
Geral.....	4
Específicos.....	4
CAPÍTULO II	
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
Definição de Lagoas	5
Tipos de Lagoas.....	5
<i>i. Ambientes oligotróficos</i>	5
<i>ii. Ambientes mesotróficos</i>	6
<i>iii. Ambientes eutróficos</i>	6
Definição de eutrofização.....	6
Tipos de eutrofização no sistema Lacustre.....	6
Efeitos potenciais da eutrofização causados pela entrada excessiva de nitrogénio e fósforo em lagos, reservatórios e rios (Adaptado de Schindler e Smith, 2009).	6
Descrição dos parâmetros físico e químicos indicadores de qualidade da água de lagoas e Padrões estabelecidos para uso destas águas.....	7
Temperatura da água	7
Oxigénio Dissolvido (OD).....	7
Potencial hidrogeniónico (pH).....	7
Amónio (NH ₄ ⁺) como Nutriente.....	8
<i>Amonificação</i>	8

Fosfato (PO_4^{3-}) como Nutriente	10
Factores físicos que influenciam na variabilidade de nutrientes em lagoas	11
<i>A descarga fluvial</i>	11
<i>Ventos</i>	11
<i>Ondas</i>	11
CAPÍTULO III	
MATERIAL E MÉTODOS	12
Amostragem	12
Instrumentos e Procedimentos de Colecta das Amostras	13
Determinação da Concentração de Nutriente (Fosfato) pelo fotómetro portátil (MultiDirect_7)..	13
Determinação da Concentração de Nutriente (Amónio) pelo espectrofotómetro portátil Multidirect_ (HACH - DR 900)	14
Processamento de Dados	14
CAPÍTULO IV	
RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
Resultados da determinação de parâmetros físico e químicos da qualidade de água da lagoa	15
CAPÍTULO V	
CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	19
Conclusão	19
Recomendações	20
Referências Bibliográficas	21
Apêndices	23

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

Para a sociedade, o conhecimento prévio sobre a qualidade das águas é de vital importância no planeamento de suas actividades. Moçambique é um país rico que dispõe de vários recursos hidrológicos, os quais estão contidos rios, praias, estuários, lagos e lagoas. A crescente demanda pela água, a escassez desse recurso e o mau uso, torna cada vez necessário estudos de limnologia para lagos e lagoas, uma vez que as interacções entre os componentes naturais e os introduzidos pelo homem são frequentes e complexas em ambientes lacustres (Pedrosa & Rezende, 1999 p.40). Na Lagoa Azul, observações directas, permitem reconhecer algumas referências visuais dessas interacções, nas quais algumas estão associadas às características próprias da lagoa. Por exemplo, é possível notar que a mesma é influenciada pela descarga fluvial do rio Namacurra sobretudo na época chuvosa, mas também por outra, nota-se o uso de detergentes por parte dos banhistas e a troca de água entre o tanque de piscicultura localizado na margem com a lagoa, contribuindo deste modo na degradação da qualidade dessas águas. A Lagoa Azul, naturalmente tem recebido nutrientes vindos da lixiviação de solos através da precipitação de chuvas, irrigações de campos agrícolas, actividades domésticas e descargas fluviais que podem comprometer a qualidade dessas águas. A mesma é considerada centro com potencialidades turísticas para os visitantes da região da Província da Zambézia e de outras províncias do país a uma longa data, actualmente a população local recorre as margens da lagoa para abastecer água aos campos agrícolas e lavar as roupas.

Desta feita, a presente monografia teve como objectivo: Estudar a influência de actividades antropogénicas sobre alguns parâmetros da qualidade de Água da Lagoa Azul – Nicoadala.

1.1. Problematização

A Lagoa Azul situa-se na localidade de Dugudiua, distrito de Nicoadala, á ($17^{\circ}29'46.37''S$ e $36^{\circ}51'06.41''E$) da estrada N1 que atravessa Nicoadala, Província da Zambézia, ocupando uma extensão de 1.13 km desde a boca ao extremo da lagoa e 0.45 km de largura. Esta possui um comportamento diferente de outras lagoas, pois tem contacto com as águas do rio Namacurra provocada pela subida do caudal na época chuvosa, mas no verão a água não é corrente. Para além disso, verifica-se uma intensa acção humana, tal como: a pesca, a balneabilidade, lavagem de roupas, abastecimento de água a tanque piscícola e a prática agrícola que constitui as principais actividades praticadas e dependentes da lagoa. As mesmas de alguma forma afetam a qualidade dessas águas, a título do exemplo a renovação da água do tanque de piscicultura é directamente drenada para a lagoa sem nenhum tratamento e por outro na época chuvosa o escoamento superficial de terras e da lixiviação (Lavagem de solos) carregam certas quantidades de nitrogénio e fósforo que ocorrem como ião ou gases dissolvidos (Kennish, 2001, p.7), de tal modo que as concentrações variam de um lugar para outro, fazendo com que cada uma dessas actividades praticadas contribuam na alteração dos processos biogeoquímicos dentro da lagoa. Os sinais podem ser entendidos como, a alteração na razão estequiométrica dos parâmetros de qualidade da água.

Uma vez que as águas não correm durante o verão, levanta-se a seguinte pergunta de pesquisa: Até que ponto as actividades praticadas na lagoa podem influenciar a qualidade dessas águas?

1.2. Hipóteses

H_0 – A acção antropogénica (prática da pesca, a balneabilidade, lavagem de roupas, abastecimento de água a tanques piscícolas e a prática agrícola) na lagoa azul influencia consideravelmente na qualidade das águas mantendo-as impróprias para o consumo humano.

H_1 – A qualidade das águas desta lagoa não são influenciadas pelas actividades praticadas.

1.3. Justificativa

O nível de utentes e actividades praticadas na lagoa azul está aumentando ano após ano, a falta de renovação da água e o facto das águas do tanque de piscicultura serem drenadas directamente para lagoa sem nenhum tratamento, motivou o autor a desenvolver este estudo que está intimamente relacionado a qualidade dessas águas, determinando alguns parâmetros físico e químicos (Temperatura, Potencial de hidrogénio, Oxigénio dissolvido, Amónio e Fosfato), uma vez que estes relacionam-se entre si no meio aquático.

Quando o nível desses parâmetros estiver abaixo do recomendado, pode influenciar no mau desempenho em certas espécies de realizar suas actividades, havendo assim quebra de cadeias alimentares dessas espécies e por outro lado, se os parâmetros estiverem em excesso poderá causar a toxicidade ou eutrofização da água, perturbações em certas espécies e pode perigar a saúde dos consumidores desta água.

Conhecendo os teores de NH_4^+ , PO_4^{3-} , pH e O.D na lagoa, permite reflectir sobre os impactos do excesso ou défice fora dos limites estabelecidos e com base nisso decidir-se ou reflectir melhor sobre o uso das águas para as actividades; produção pesqueira e para outros fins como a balneabilidade e consumo.

Os resultados e as conclusões deste trabalho serão úteis, pois servirão como base de dados para futuras pesquisas e as entidades competentes principalmente na gestão e tomada de decisão sobre o uso sustentável da lagoa, uma vez ainda, servirão de instrumento para sensibilizar a população local de modo a praticar suas actividades sem comprometer a qualidade dessas águas.



Figura 1. Principais actividades praticadas na lagoa azul.

1.4. Objectivos

1.4.1. Geral

- ✓ Estudar a influência de actividades antropogénicas sobre alguns parâmetros da qualidade de Água da Lagoa Azul.

1.4.2. Específicos

- ✓ Medir a variação da Temperatura, pH e Oxigénio dissolvido da água;
- ✓ Determinar as concentrações de amónio e fosfatos dissolvidos na coluna de água;
- ✓ Verificar a influência das actividades praticadas na alteração dos níveis de parâmetros de qualidade da água.

CAPÍTULO II

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Definição de Lagoas

Lagoas são corpos de água rasos, podendo ser de água doce, salobra ou salgada, em que a incidência solar pode alcançar o sedimento, possibilitando consequentemente o crescimento de macrófitas aquáticas em toda sua extensão (Lima, 2012, p. 39).

2.1.1. Tipos de Lagoas

Esteves (1998), ao realizar estudos limnológicos, afirmou existir vários tipos de lagoas, dentre as quais refere: As lagoas artificiais, lagoas tectónicas, lagoas de origem vulcânica, lagoas residuais, lagoas de depressão, lagoas de origem mista, lagoas de origem glacial, lagoas costeiras e lagoas de passagem, das quais somente duas (2) reúnem potencialidades à prática da piscicultura que são; lagoas costeiras e lagoas de passagem.

A Lagoa Azul pode ser considerada como “*lagoa de passagem*” pois é formada pela passagem do rio Namacurra, acúmulo das chuvas, quando essa carrega grande quantidade de sedimentos, minerais e nutrientes que são depositados ao longo do seu leito, esta deposição provoca uma elevação do nível do seu leito em alguns locais causando o represamento de seus afluentes que geralmente são de água doce, muito productivas, devido a seus ambientes topográficos ou relevo que é representada tipicamente pelos lençóis freáticos, uma vegetação esverdeada e são caracterizadas como mesotróficas e eutróficas em relação a outros estados tróficos (Odum, 1997, p. 927). Esses sistemas podem ser classificados de muitas maneiras, dependendo da base de classificação utilizada. Um dos factores mais importantes para a limnologia refere-se ao estado nutricional de sistemas aquáticos, definido pelo teor de alguns elementos (nitrogénio e fósforo) ou pela biomassa de algas e plantas aquáticas. Essa riqueza define o estado trófico do ambiente. Naturalmente o estado trófico de um corpo de água pode ser classificado como oligotrófico, mesotrófico e eutrófico, podendo haver subdivisões (Mansor, 2005).

i. Ambientes oligotróficos

Podem ser entendidos como aqueles que apresentam baixas concentrações de nutrientes e baixa productividade primária;

ii. Ambientes mesotróficos

Apresentam productividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis na maioria dos casos;

iii. Ambientes eutróficos

Apresentam alto nível de productividade e são ricos em matéria orgânica e elementos minerais (nutrientes), tanto em suspensão quanto na região bentónica.

2.2. Definição de eutrofização

Os autores Thomann & Mueller (1987), definem a Eutrofização como sendo o crescimento excessivo de plantas aquáticas, causados pelo excesso de nutrientes através dos compostos químicos ricos em fósforo e nitrogénio numa massa de água.

2.2.1. Tipos de eutrofização no sistema Lacustre

A eutrofização pode ser *natural* ou *Antrópica*. A natural ocorre através de um processo lento e contínuo ou por outra, resulta da decomposição das plantas e da biota aquática ou pelo carreamento dos macros nutrientes a partir das chuvas, podendo ser denominada de envelhecimento natural do lago. A antrópica é ocasionada a partir da acção do homem, os nutrientes alcançam os corpos de água por diferentes meios, tais como, lançamento de efluentes domésticos, efluentes industriais, descargas de fertilizantes utilizados nas actividades agrícolas, (Bareto, *et all.*, 2013, p.2168) citando (Esteves, 1998).

2.2.2. Efeitos potenciais da eutrofização causados pela entrada excessiva de nitrogénio e fósforo em lagos, reservatórios e rios (Adaptado de Schindler e Smith, 2009).

- Aumento da biomassa do fito plâncton;
- Crescimento de espécies de algas potencialmente tóxicas ou não comestíveis;
- Crescimento da biomassa de algas bentónica e epifíticas;
- Crescimento excessivo de macrófitas aquáticas;
- Aumento da frequência de mortandade de peixes;
- Diminuição da biomassa de peixes e moluscos cultiváveis;
- Redução da diversidade de espécies;
- Redução da transparência da água;
- Depleção de oxigénio dissolvido e
- Redução do valor estético do corpo de água.

2.3. Descrição dos parâmetros físico e químicos indicadores de qualidade da água de lagoas e Padrões estabelecidos para uso destas águas

2.3.1. Temperatura da água

Buzelli, *et al.*, (2013, p. 194), afirma não existir na legislação valores máximos ou mínimos estipulados para esta variável, porém sobre o ponto de vista físico, a temperatura é inversamente proporcional a concentração de oxigénio dissolvido. Ainda assim, a temperatura é conhecida como uma medida de intensidade de calor; é um parâmetro importante, pois influi em algumas propriedades da água (densidade, viscosidade, oxigénio dissolvido) com reflexos sobre a vida aquática. A temperatura pode variar em função de fontes naturais (energia solar) e fontes antropogénicas (despejos industriais, detergentes, substâncias nitrogenadas e fosfatadas e águas de resfriamento de máquinas), essas substâncias afectam conseqüentemente no oxigénio e temperatura da água. (Fonte, Tavella, Oliveira, & Oliveira, 2011, p.4).

2.3.2. Oxigénio Dissolvido (OD)

De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, a concentração de oxigénio dissolvido deve estar em torno de 5 mg/L para o ambiente em estudo. Desta forma, a concentração de oxigénio dissolvido em um corpo hídrico é usada como uma das variáveis para a determinação da qualidade de água, pois quanto mais reduzida for a concentração de oxigénio dissolvido, pode-se dizer que mais poluído o curso de água se encontra, influenciando directamente na biodiversidade aquática (Prado, 2004, p. 194). As trocas gasosas com a atmosfera e a fotossíntese são os principais fornecedores de oxigénio para o corpo hídrico, sendo que temperaturas elevadas e diminuição da pressão atmosférica diminuem sua solubilidade (Wetzel, 2001).

2.3.3. Potencial hidrogeniónico (pH)

O pH compõe uma das variáveis de potabilidade da água, entretanto em conformidade com a Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde (Brasil, 2003, p. 195) afirma que as águas destinadas ao abastecimento público devem apresentar valores entre 6,0 e 9,5. Já alterações no pH da água podem provocar morte dos peixes, especialmente em espécies que apresentam maior dificuldade de estabelecer o equilíbrio osmótico ao nível das brânquias, o que determina grande dificuldade respiratória. O pH pode ser resultado de factores naturais e antropogénicos e ao longo do dia o pH sofre modificações na coluna de água, quando favorecida pelo enriquecimento de nitrogénio e fósforo na água, onde pela manhã o pH encontra-se bastante reduzido devido ao excesso de gás carbónico

produzido pela respiração à noite, marcando a diferença com os períodos de intensa incidência de radiação solar, entre 14 e 16 horas, sob a acção de organismos fotossintetizantes, verifica-se alta remoção de gás carbónico dissolvido com, conseqüente, dissociação de bicarbonato em gás carbónico e hidroxila, o que eleva o pH (Wetzel, 2001).

2.3.4. Amónio (NH₄⁺) como Nutriente

É um composto limitante e indicador de poluição, onde os organismos fito planctónicos usam o amónio (NH₄⁺) como fonte de nitrogénio. As principais fontes da entrada de nitrogénio em ecossistemas aquáticos são depositadas numa forma seca ou húmida de material orgânico e inorgânico, através da fixação biológica, lavagem de materiais domésticas, fixação de nitrogénio da atmosfera, prática pecuária e fixação de insecticidas provenientes da agricultura, (Arana, 2010, p. 203-218). O amónio é considerado mais importante em lagoas, pois representa a principal fonte de nitrogénio para a produção primária consumindo menos energia para a sua absorção e por sua vez a concentração nas camadas onde se encontra o fito plâncton é considerada extremamente baixa (Amorim, 2002) ocorrendo naturalmente nas águas da superfície e em águas residuárias, pois a amónia é o principal producto de excreção dos organismos aquáticos (Pereira, 2004, p. 7). Mediante a Resolução CONAMA 357/2005, o valor máximo estipulado para esta variável no sistema aquático é de 5 mg/L e quando excede pode tornar-se tóxico para as espécies e de seguida causar uma morte súbita.

O amónio apresenta-se em duas formas dissolvidas: a amónia não-ionizada (NH₃) e o amónio ionizado (NH₄⁺). Já que o amónio não-ionizado possui toxicidade cerca de 100 vezes mais do que a forma ionizada, o equilíbrio químico destas duas espécies são regulados pelo potencial hidrogénico (pH) e o potencial alcalino (pK). Quanto mais elevado for o pH maior será a presença da espécie NH₃, desta forma os corpos aquáticos com pH mais elevados tornam-se ecossistemas mais frágeis á presença da amónia que possibilitará na eutrofização do meio aquático. Estes efeitos também podem se fazer sentir quando o meio está sujeito a desequilíbrio entre amónia ionizado e não ionizado. Geralmente em lagoas o amónio pode ser controlado pelo seguinte processo:

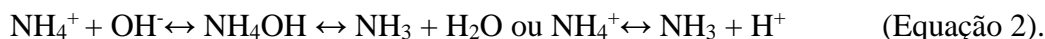
2.3.4.1. Amonificação

A matéria orgânica dissolvida e particulada é decomposta por organismos heterotróficos tanto aeróbios quanto anaeróbios, com conseqüente produção de amónia, equação 1 (Ribeiro, 2007, p.25).

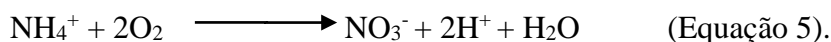
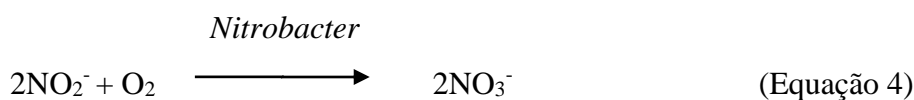
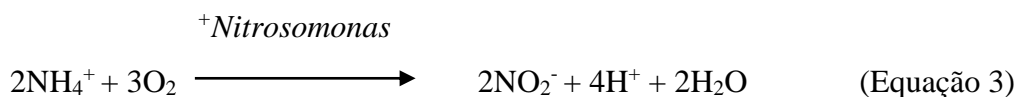
Proteínas (N-orgânico) + bactérias heterotróficas → NH₃ (Equação 1).

Segundo Esteves (1998 apud Ribeiro, 2007, p.25), em lagos eutróficos ocorre um aumento do pH da água, que favorece a formação de amónia em virtude do alto consumo de dióxido de carbono. Uma

vez que a amónia e o ião em equilíbrio são extremamente dependentes do pH e da temperatura, estes factores determinam sua toxicidade na água.



O ião amónio presente na massa líquida é directamente absorvido pelo fito plâncton ou poderá ser oxidado em ambiente aeróbio por bactérias nitrificantes e químio-autotróficas. Nesta oxidação participam dois géneros de bactérias: Nitrosomonas e Nitrobacter, responsáveis pela oxidação de amónia a nitrito e este a nitrato, em conformidade com as equações 3 e 4, respectivamente e com a forma generalizada da equação 5.



O Nitrogénio (N) é um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos, graças a sua participação na formação de proteínas, um dos componentes básicos dos seres vivos. Quando presente em baixas concentrações, pode actuar como factor limitante na produção primária dos lagos e lagoas (Figura 1).

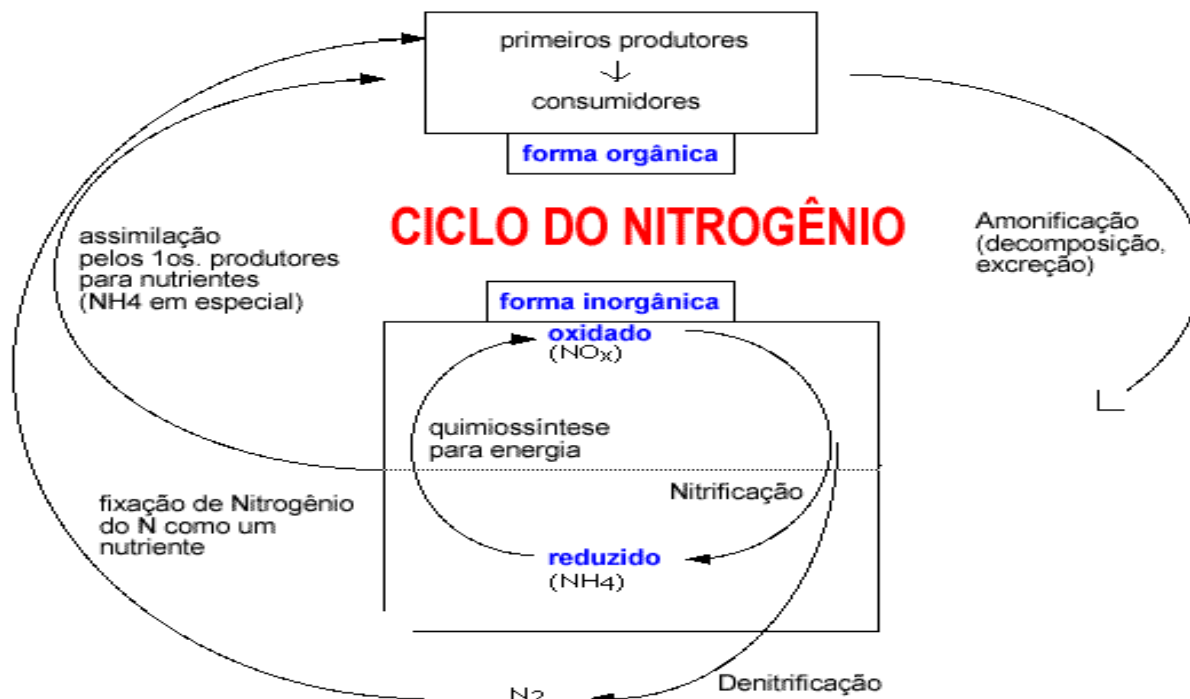


Figura 2. Ciclo de nitrogénio na lagoa (*fonte*: Barnes e Bliss, 1983).

2.3.5. Fósforo (PO_4^{3-}) como Nutriente

O fósforo é um nutriente fundamental para o crescimento de produtores primários nos corpos de águas, considerado como o nutriente responsável pelo desencadeamento do fenómeno da eutrofização. Além disso, é um bom indicador do estado trófico de ambiente aquático (Assunção, 2009, p.61). O valor máximo de fósforo permitido pela Resolução CONAMA 357/2005, para o enquadramento de ambientes lênticos de água doce, é $\leq 4 \text{ mg/L}$. Actualmente, o fósforo é classificado em cinco formas: o fósforo particulado, orgânico dissolvido, inorgânico dissolvido ou ortofosfato ou fósforo reactivo, fósforo total dissolvido e o fósforo total. Sendo assim a forma mais importante de fósforo no ambiente aquático é o ortofosfato, pois é esta a forma mais facilmente assimilada pelos vegetais aquáticos (Amorim, 2002).

Segundo Quality Criteria for Water (1976 apud Pereira, 2004, p.7), assume que algumas das origens do fósforo em águas são constituintes de detergentes, aparecendo em productos de higiene e limpeza enriquecendo as águas residuárias urbanas e constituintes de fertilizantes agrícolas que são levados pelas chuvas até aos cursos de água ou em resíduos não tratados de indústrias de fertilizantes; presentes em sedimentos de fundo e lodos biológicos na forma de precipitados químicos inorgânicos. Por outro lado, Ribeiro (2007), afirma que o fósforo pode ser introduzido em corpos aquáticos através do arraste de partículas fosfatadas, provenientes da erosão do solo, pelos rios, córregos e poeiras e ainda pela descarga de esgotos. A Figura 2 representa graficamente o ciclo aquático do fósforo.

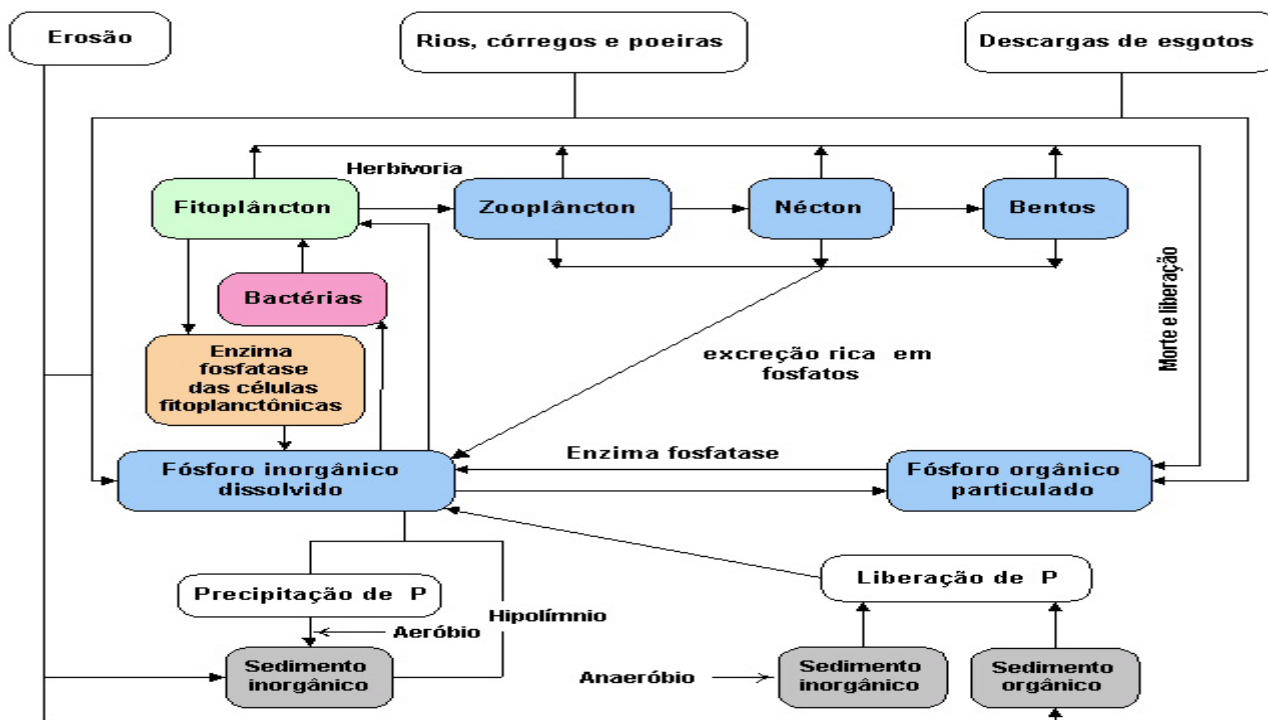


Figura 3. Ciclo aquático do fósforo (Esteves, 1998).

2.3. Factores físicos que influenciam na variabilidade de nutrientes em lagoas

A descarga fluvial

É usualmente a fonte dominante da entrada de material proveniente da bacia de drenagem nas lagoas costeiras e em situações de descarga moderada, esta entrada de nutrientes e sedimentos nas lagoas aumenta a sua produtividade, mas em excesso causa assoreamento e eutrofização (Kjerfve & Magill, 1989a, p. 3).

Ventos

Em lagoas estranguladas cujos canais de comunicação com o mar são caracteristicamente longos e estreitos, o vento representa a principal forçante do sistema, as trocas de água com a zona costeira adjacente dependem do ciclo hidrológico e dentre os efeitos do vento sobre a circulação de lagoas costeiras estão o efeito local, resultante da acção directa do vento na superfície da água (Kjerfve & Magill, 1989b, p. 3).

Ondas

Possuem papel fundamental nos processos lagunares, classificando e transportando o sedimento, bem como modificando as feições costeiras. O transporte sedimentar causado pelas ondas é ainda mais evidente nas zonas rasas, onde as ondas podem actuar com mais eficiência sobre o fundo (Kjerfve & Magill, 1989c, p. 3).

CAPÍTULO III

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Amostragem

A presente pesquisa foi conduzida em duas saídas de campo em épocas previamente distintas, onde a primeira colecta de amostras foi efectuada na época menos chuvosa concretamente no dia (28/05/2017) e a segunda na época seca no dia (04/10/2017). De referir que as amostras foram colhidas em três (3) pontos de amostragens de modo a verificar a variação dos parâmetros a serem estudados, onde a distância entre o ponto 1 a ponto 2 foi de 394 m e do ponto 2 a ponto 3 foi de 518 m.



Figura 4. Localização das estações de amostragens (*Fonte: Google Earth, 2017*).

Tabela 1. Ilustração de coordenadas geográficas (Latitude e Longitude) de cada estação de amostragem.

Pontos	Latitude	Longitude
Ponto 1	17°29'49"S	36°51'18"E
Ponto 2	17°29'42"S	36°51'7.96"E
Ponto 3	17°29'45"S	36°50'42"E

Coordenadas geográficas, (*Fonte: Google Earth, 2017*).

3.3. Instrumentos e Procedimentos de Colecta das Amostras

A colecta da água em pontos de amostragens, foi realizada a bordo de um barco artesanal (Canoa), onde fez-se a localização do posicionamento geográfico de cada estação com ajuda do GPS Garmin Astro 220 (Global Position System), seguidamente mediu-se a temperatura e oxigénio dissolvido pelo instrumento Multiparâmetro Oxiguard. Também, foi medido o pH através do instrumento pH metro *in situ*". De referir que após este procedimento seguiu-se com a colecta de amostras da água na superfície da lagoa usando garrafas plásticas de 500 mL previamente descontaminadas, etiquetadas (dia, hora, mês, ano e o local de colecta), definida em um intervalo de seis (6h) horas.

3.4. Análise Laboratorial de Amostras da Água

Após a colecta, as amostras de água eram conservadas dentro de um colmam com gelo para manter as suas propriedades e por conseguinte estas foram transportadas para o Laboratório de Química da Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras, corpo orgânico pertencente a Universidade Eduardo Mondlane, sedeadada em Quelimane na orla costeira da província da Zambézia, no qual foram filtradas usando o filtro de "Whatman" de 110 mm de tamanho de poros com objectivo de retirar o material orgânico e sólidos em suspensão e posteriormente foram determinadas as concentrações de fosfato.

3.4.1. Determinação da Concentração de Nutriente (Fosfato) pelo fotómetro portátil (MultiDirect_7)

A concentração do fosfato em amostras de água, foi determinada usando um fotómetro portátil (MultiDirect_7) moderno controlado por microprocessadores, no qual a análise fotométrica é baseada principalmente na medição da intensidade de cor. A luz de uma lâmpada incandescente era passada através de um tubo de ensaio contendo a amostra, e a luz detectada pela célula fotoeléctrica foi exibida como uma resposta digital. O visor mostrou a taxa de transmitância (% T) - a intensidade da luz incidente que atinge a foto célula. O sistema fotómetro MultiDirect_7 foi usado para medir a cor produzida na presença de reagentes na amostra. Após a transmitância era calibrada com o branco para evitar que houvesse interferência nos resultados.

As concentrações do fosfato foram analisadas com o programa 324 Phosphate TT para amostra de 0.06-5 mg/L respectivamente, onde os resultados apresentados são médias das réplicas.

De seguida recorreu-se ao laboratório do Fundo de Investimento e Património do Abastecimento de Água (FIPAG-QUELIMANE) e fez-se a determinação do parâmetro químico amónio pelo espectrofotómetro de HACH- DR 900.

3.4.2. Determinação da Concentração de Nutriente (Amónio) pelo espectrofotómetro portátil Multidirect_ (HACH - DR 900)

A concentração do amónio em amostras de água, foi determinada usando o espectrofotómetro DR - 900 moderno com microprocessador, onde a análise fotométrica é baseada principalmente na região de espectro visível. A prior padronizou-se amostras sem reagente durante 3 minutos que era para permitir a boa exactidão nos resultados e após isso retirou-se 10 ml da amostra de água em garrafas e pôs-se em uma cuveta com capacidade de 24 mm, na qual foi adicionada um pacote de reagente Amónio em (pó) e seguiu-se com agitação da amostra a fim de dissolver o reagente e posteriormente colocou-se no instrumento e o fotómetro automaticamente fez a leitura. De referir que as concentrações do amónio foram analisadas com os programas 343N Amoníaco HRTNT.

3.4.3. Processamento de Dados

Para a organização de dados foi usada a folha de cálculo (Microsoft Excel 2007), que auxiliou na construção de Tabela, plotagem de gráficos, cálculo das médias de cada parâmetro e aplicação do Test *t*-Student.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Resultados da determinação de parâmetros físico e químicos da qualidade de água da lagoa

A tabela e os gráficos abaixo ilustram as médias de parâmetros medidos nos períodos de manhã e da tarde no campo (Temperatura, Oxigénio dissolvido e pH) e aqueles que foram determinados somente em laboratórios (Amónio e Fosfato), durante as épocas chuvosa e seca. Os resultados são referentes aos dias 28/05/2017 e 04/10/2017 entre os pontos de colecta de amostras na Lagoa Azul.

Tabela 2. Resultados dos parâmetros determinados

Parâmetros determinados																				Tratamento estatístico de dados, Teste <i>t</i> de Student						
ÉPOCA MENOS CHUVOSA										ÉPOCA SECA																
Período de Manhã					Período da Tarde					Período de Manhã					Período da Tarde											
Parâmetros	P1	P2	P3	M M	P1	P2	P3	M T	M D	D P	P1	P2	P3	M M	P1	P2	P3	M T	M D	n	D P	Tcal	Gl	Tcr	α	Padrão
T°C	25.6	23.7	24.5	24.6	23.5	20.1	24.2	22.6	23.6	1.86	26.5	28.3	29.3	28	28.4	26.5	24.7	26.5	27.25	6	1.68	-3.76	10	±2.6338	0.025	
O.D	2.1	2.8	2.4	2.4	2.6	2.8	2.8	2.7	2.72	0.29	3.3	2.9	3.1	3.1	2.5	2.7	2.7	2.6	2.86		0.88	0.88				5 mg/L
pH	6.7	6.68	6.62	6.7	6.68	6.68	6.69	6.7	6.7	0.028	6.5	6.3	6.4	6.4	6.6	6.8	6.76	6.7	6.7		0.19	0.02				6-9.5
NH ₄ ⁺	2.67	2.9	2.7	2.8	2.8	2.3	2.6	2.6	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		---	---				5 mg/L
PO ₄ ³⁻	2.33	2.73	2.84	2.6	2.72	2.73	2.83	2.76	2.68	0.18	1.27	1.78	1.95	1.7	2.08	2.03	2.16	2.09	1.9		0.29	0.29				≤ 4 mg/L

Onde: *P1*, *P2* e *P3*- foram os pontos de colecta de amostras; *MM*- É a Média de Manhã; *MT*- Média da Tarde; *DP*- Desvio Padrão; *Tcal*- Tcalculado; *MD*- Média do Dia; *n*- Tamanho de amostra; *Gl*- Grau de liberdade; *Tcr*- Tcrítico; *α*- Alfa.

Relação existente entre os parâmetros Temperatura (°C) e Oxigénio dissolvido (mg/L) com a prática de actividades antropogénicas na coluna de água da lagoa.

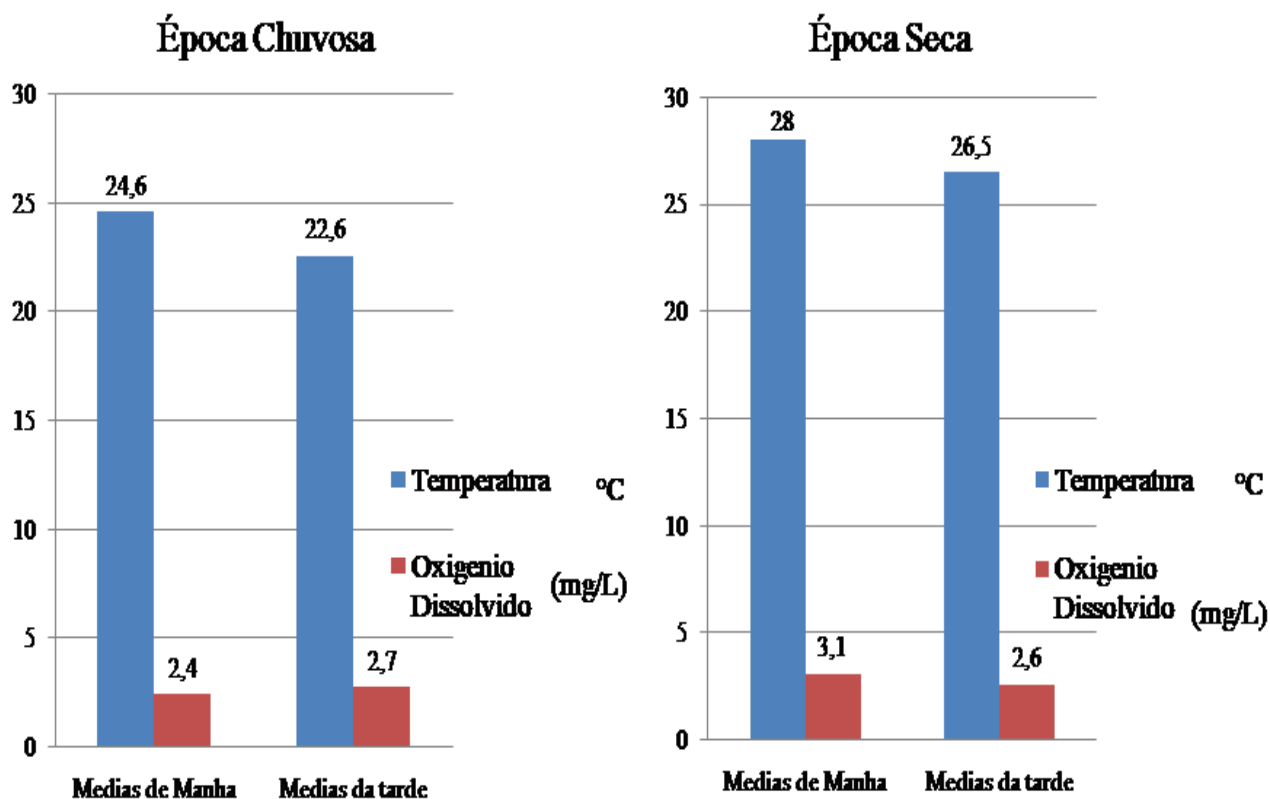


Figura 5. Variação da (Temperatura e Oxigénio Dissolvido) da água com a prática antropogénica durante as duas épocas.

A temperatura ambiente da água para as duas épocas esteve entorno de 25,4°C. Ao todo, a sua distribuição superficial na água da lagoa para as épocas em estudo, diminui na época chuvosa e aumenta na época seca, onde verificam-se as subidas de temperatura no período da manhã e diminuição no período da tarde de cada época. Associado a isso pode estar o facto do mês de Maio ser de transição do verão para o inverno, apresentando assim temperaturas moderadamente baixas. Segundo os autores (Fonte, Tavella, Oliveira, & Oliveira, 2011, p.4), assumem que a temperatura é um parâmetro importante, pois influi em algumas propriedades da água (densidade, viscosidade, oxigénio dissolvido), com reflexos sobre a vida aquática, ainda assim a temperatura pode variar em função de fontes naturais (energia solar) e fontes antropogénicas (despejos industriais, detergentes, substâncias nitrogenadas e fosfatadas e águas de resfriamento de máquinas). Essas substâncias afectam consequentemente no oxigénio e temperatura da água, ainda assim na lagoa em estudo são praticadas várias actividades, porém estas não influenciam a qualidade dessas águas devido ao ambiente lenticó que as lagoas apresentam.

O teor de oxigénio dissolvido na água da lagoa, diminui na época seca e aumenta na época chuvosa em cada período. Verificou-se ainda uma variação não muito significativa, e esta deveu-se ao facto de ter ocorrido maior turbulência de oxigénio na coluna de água, bombeado pelos ventos que se faziam sentir durante o dia de expedição da época seca. Já na época chuvosa, não houve registo de turbulências e nem quedas de chuvas na semana de colecta. A temperatura e oxigénio dissolvido da água, teve uma relação inversamente proporcional, pois observou-se que, quanto mais a temperatura aumentava menor era a concentração de oxigénio presente no meio. Wetzel (2001), diz que temperaturas elevadas e diminuição da pressão atmosférica diminuem a solubilidade do oxigénio na água. Assim sendo, neste trabalho observou-se resultados semelhantes, e de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, estes resultados encontram-se dentro do recomendado, estando os mesmos num intervalo de 5 mg/L da concentração de oxigénio para o ambiente em estudo.

Relação existente entre os parâmetros químicos Amónio (mg/L), Fosfato (mg/L) e pH com a prática de actividades antropogénicas na coluna de água da lagoa.

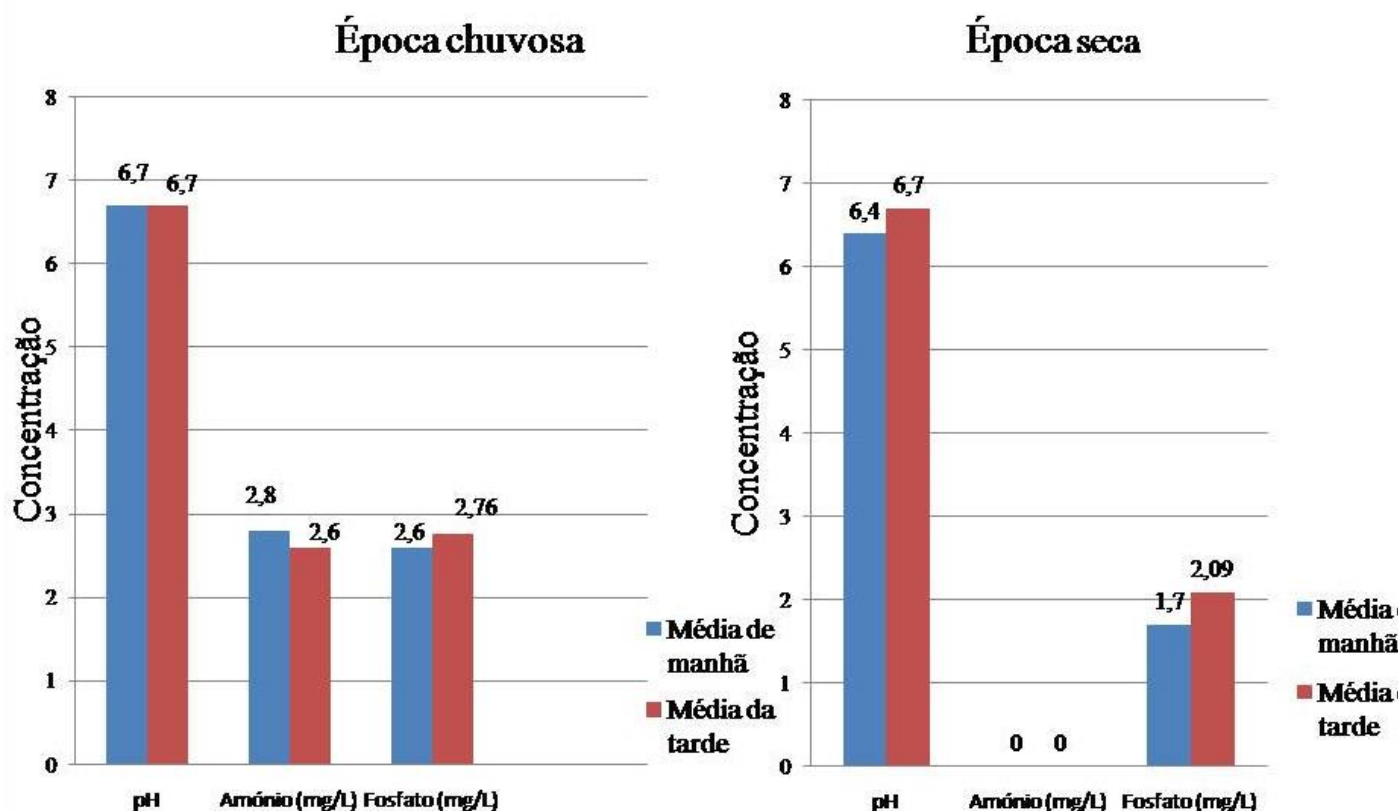


Figura 6. Variação dos parâmetros químicos (Amónio, Fosfatos e o pH) da água com a prática antropogénica durante as épocas chuvosa e seca.

O teor do amónio determinado na época chuvosa teve uma diminuição durante a tarde e um aumento perante o período da manhã. Por seu turno, não foi possível determinar este parâmetro na época seca, devido aos erros que o espectro fotómetro apresentava na leitura de amostras. Para Arana (2010, p. 203-218), aponta que uma das principais fontes de entrada do nitrogénio em ecossistemas aquáticos são depositadas numa forma seca ou húmida de material orgânico e inorgânico, através da fixação biológica, lavagem de materiais domésticas, fixação de nitrogénio da atmosfera, prática pecuária e fixação de insecticidas provenientes da agricultura.

O teor do fosfato diminui na época seca e aumenta na época chuvosa, ainda assim verificou-se a subida deste nos períodos da tarde de cada época. O aumento máximo do teor deste composto na época chuvosa pode estar associado ao facto da lagoa estar devidamente a receber substâncias lixiviadas, já em conformidade com a Quality criteria for Water (1976 apud Pereira, 2004, p.7), afirma que algumas das origens dos fosfatos em águas são constituintes de detergentes, aparecendo em productos de higiene e limpeza enriquecendo as águas residuárias urbanas; constituintes de fertilizantes agrícolas, que são levados pelas chuvas até aos cursos de água ou em resíduos não tratados de indústrias de fertilizantes presentes em sedimentos de fundo e lodos biológicos na forma de precipitados químicos inorgânicos.

O pH da água superficial, manteve-se quase constante durante os dois períodos da época chuvosa, de antemão para a época seca o pH teve um aumento no período da tarde e uma diminuição pela manhã. Segundo a Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde (Brasil, 2003, p. 195) o pH é uma das variáveis de potabilidade da água, de forma que as águas destinadas ao abastecimento público devem apresentar valores entre 6,0 e 9,5. Alterações no pH da água podem provocar morte súbita dos peixes, especialmente em espécies que apresentam maior dificuldade de estabelecer o equilíbrio osmótico ao nível das brânquias o que determina uma grande dificuldade respiratória. O pH pode ser resultado de factores naturais e antropogénicos e ao longo do dia, o pH sofre modificações na coluna de água, quando favorecida pelo enriquecimento de nitrogénio e fósforo na água (Wetzel, 2001).

CAPÍTULO V

5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

5.1. Conclusão

Conclui-se que:

As actividades antropogénicas praticadas (pesca, balneabilidade, lavagem de roupas, abastecimento de água a tanque piscícola e a prática agrícola) não influenciam na qualidade das águas nos parâmetros analisados.

- ✓ Há uma tendência para aumento dos parâmetros químicos no tempo chuvoso ao contrário do parâmetro físico. O que está de acordo com a literatura. Entretanto contrariamente a literatura, as condições ambientais contribuíram para que o oxigénio dissolvido e a temperatura variassem inversamente.
- ✓ Apesar dos parâmetros (Temperatura, Oxigénio dissolvido, Amónio, Fosfato e pH) variarem entre o tempo seco e chuvoso, os teores determinados não constituem ameaça para a lagoa. Contudo, o incremento das actividades na lagoa podem elevar os níveis dos parâmetros fora dos padrões aceitáveis.
- ✓ Validamos a hipótese alternativa e invalidamos a nula e alcançamos os objectivos .
- ✓ Devido aos erros que o espectrofotómetro DR 900 apresentava na leitura de amostras, não foi possível determinar o amónio na época seca.

5.2. Recomendações

- ✓ De modo a tornar significativo os dados referentes as épocas seca e chuvosa é importante analisar os parâmetros em vários dias para cada período;
- ✓ Pela natureza de actividades praticadas na lagoa, há necessidade de se determinar os parâmetros biológicos;
- ✓ Os actuais níveis de valores dos parâmetros podem ser alterados por causa da intensificação das actividades praticadas, pelo que, sugerimos a manutenção nos actuais níveis.
- ✓ Recomenda-se aos futuros pesquisadores que para uma análise mais detalhada, i e, há necessidade de se estudar outros parâmetros químicos e físicos e testar os parâmetros aqui estudados com outros métodos.

6. Referências Bibliográficas

- ✓ Amorim, B. (2002). *Estudo da Qualidade das Águas em Reservatórios Superficiais da Bacia Metropolitana*. Fortaleza.
- ✓ Arana, L. (2010). *Qualidade de água em aquacultura: Princípios e práticas*. Florianópolis: 3. p.203-2018.
- ✓ Assunção, F. A. (2009). *Estudo da Remoção de nitrogénio, com ênfase na volatilização de amónia, em Lagoas de Polimento de efluentes de reactores UASB tratando esgotos urbanos de Belo Horizonte/MG. Dissertação de Mestrado*. Belo Horizonte: UFMG. p.61.
- ✓ Barreto, L. V., Felizardo Adenilson, F. M., & Amorim, J. d. (17 de 06 de 2013). *Eutrofização em Rios Brasileiros*. p. 2168.
- ✓ Brasil. (2003). *Cianobactérias tóxicas na água para consumo humano na saúde pública e processos de remoção em água para consumo humano*. Brasília. p.195.
- ✓ Buzelli, G. M., & Cunha-Santino, M. B. (2013). *Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita, SP*. p.194.
- ✓ Esteves, F. (1998). *Fundamentos de limnologia*. Rio de Janeiro: Interciência: 2. ed. p.602.
- ✓ Fonte, L. d., Tavella, L. B., Oliveira, J. B., & Oliveira, A. C. (2011). *Qualidade de água na irrigação*. p.4.
- ✓ Kennish, M. J. (2001). *Practical Hand book of Marine Science*. p.7.
- ✓ Kjerfve, B., & Magill. (1989). *Coast Lagoon Processes*. p.3.
- ✓ Lima, I. S. (2012). *Caracterização Física, Química e Biológica da Água na Sub-Bacia B1, do Rio Cocó, Com Ênfase nos aspectos da Poluição ao longo de um Ciclo Climático*. Dissertação de mestrado. FORTALEZA-CE. p.39.
- ✓ Mansor, M. T. (2005). *Potencial de poluição de águas superficiais por fontes não pontuais de fósforo na bacia hidrográfica do ribeirão do Pinhal, Limeira-SP (Tese de Doutorado)*. Campinas. Universidade Estadual de Campinas.
- ✓ Odum, E. P. (1997). *Fundamentos de Ecologia*. Lisboa: 5ª edição. p.927.

- ✓ Pedrosa, P., & Rezende, C. E. (1999). *Limnologia. Centro de Biociências e Biotecnologia.* Universidade Estadual do Norte Fluminense. p.40.
- ✓ Pereira, R. S. (2004). *Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos.* Rio grosso do sul: IPH-UFRGS. p.7.
- ✓ Prado, R. B. (2004). *Geotecnologias aplicadas à análise espaço temporal do uso e cobertura da terra e qualidade da água do reservatório de Barra Bonita, São Paulo, como suporte à gestão de recursos hídricos.* (Tese de Doutorado).
- ✓ Ribeiro, P. C. (2007). *Análise de factores que influenciam a proliferação de Cianobactérias e Algas em Lagoas de Estabilização* (Dissertação de Mestrado). Campina Grande – PB: Universidade Federal de Campina Grande. p.25.
- ✓ Thomann, & Mueller. (1987). *Principles of Surface Water Quality Modeling and Control.* Harper Collins Publishers.
- ✓ Wetzel, R. G. (2001). *Limnology.* San Diego. p.1006.

Apêndices

Apêndice (1). Ilustração de instrumentos usados no campo e laboratórios.



Figura 7. Ilustração de Materiais usados durante a expedição.



Figura 8. Ilustração de alguns instrumentos usados em laboratórios.

Apêndice (2). Tabela 3. Aplicação do test t de Student para testar as hipóteses estatísticas dos parâmetros.

Parâmetros testados

Aplicação do Teste <i>t</i> de Student	Época chuvosa				Época seca			
	Temperatura	Oxigénio	Fosfato	pH	Temperatura	Oxigénio	Fosfato	pH
Médias	23,6	2,72	2,68	6,7	27,25	2,86	1,9	6,55
Desvio Padrão	1,86	0,29	0,18	0,028	1,68	0,26	0,32	0,19
T calculado	-3,76	0,88	0,29	0,02	3,76	0,88	0,29	0,02
amostra (n)	6							
Grau de liberdade	10							
T crítico	±2,6338							
Alfa (α)	0,025							

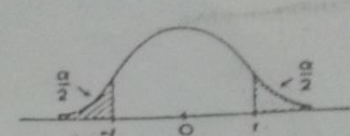
Para testar as hipóteses usou-se o teste de significância de médias, mediante a equação a baixo.

$$t_{cal} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

Onde: \bar{x}_1 - Média da primeira amostra, \bar{x}_2 - Média da segunda amostra, s_1^2 - Variância 1, s_2^2 - Variância 2, e n_1 - Tamanho da amostra 1, n_2 - Tamanho da amostra 2.

Apêndice (3). Tabela 4. Valores críticos da distribuição t de Student.

TABELA DA DISTRIBUIÇÃO t de STUDENT



ν	0,50	0,25	0,10	0,05	0,025	0,01	0,005
1	1,00000	2,4142	6,3138	12,706	25,542	63,657	127,32
2	0,81650	1,6036	2,9200	4,3127	6,2063	9,9248	14,089
3	0,76489	1,4226	2,3534	3,1825	4,1765	5,8409	7,4533
4	0,74070	1,3444	2,1318	2,7764	3,4954	4,6041	5,5976
5	0,72669	1,3009	2,0150	2,5706	3,1634	4,0321	4,7733
6	0,71756	1,2733	1,9432	2,4469	2,9687	3,7074	4,3168
7	0,71114	1,2543	1,8946	2,3646	2,8412	3,4995	4,0293
8	0,70639	1,2403	1,8595	2,3060	2,7515	3,3554	3,8325
9	0,70272	1,2297	1,8331	2,2622	2,6850	3,2498	3,6897
10	0,69981	1,2213	1,8125	2,2281	2,6338	3,1693	3,5814
11	0,69745	1,2145	1,7959	2,2010	2,5931	3,1058	3,4966
12	0,69548	1,2089	1,7823	2,1788	2,5600	3,0545	3,4284
13	0,69384	1,2041	1,7709	2,1604	2,5326	3,0123	3,3725
14	0,692	1,2001	1,7613	2,1448	2,5096	2,9768	3,3257
15	0,69120	1,1987	1,7530	2,1315	2,4899	2,9487	3,2860
16	0,69013	1,1937	1,7459	2,1199	2,4729	2,9208	3,2520
17	0,68919	1,1910	1,7396	2,1098	2,4581	2,8982	3,2225
18	0,68837	1,1887	1,7341	2,1009	2,4450	2,8784	3,1966
19	0,68763	1,1866	1,7291	2,0930	2,4334	2,8609	3,1737
20	0,68696	1,1848	1,7247	2,0860	2,4231	2,8453	3,1534
21	0,68635	1,1831	1,7207	2,0796	2,4138	2,8314	3,1352
22	0,68580	1,1816	1,7171	2,0739	2,4055	2,8188	3,1188
23	0,68531	1,1802	1,7139	2,0687	2,3979	2,8073	3,1040
24	0,68485	1,1789	1,7109	2,0639	2,3910	2,7969	3,0905
25	0,68443	1,1777	1,7081	2,0595	2,3846	2,7874	3,0782
26	0,68405	1,1766	1,7056	2,0555	2,3788	2,7787	3,0669
27	0,68370	1,1757	1,7033	2,0518	2,3734	2,7707	3,0565
28	0,68335	1,1748	1,7011	2,0484	2,3685	2,7633	3,0469
29	0,68304	1,1739	1,6991	2,0452	2,3638	2,7564	3,0380
30	0,68278	1,1731	1,6973	2,0423	2,3596	2,7500	3,0298
40	0,68066	1,1673	1,6839	2,0211	2,3289	2,7045	2,9712
60	0,67862	1,1616	1,6707	2,0003	2,2991	2,6603	2,9146
120	0,67558	1,1559	1,6577	1,9789	2,2699	2,6174	2,8599
∞	0,67449	1,1503	1,6449	1,9600	2,2414	2,5758	2,8070

Extralda do livro "Curso de Estatística", Jairo Simon da Fonseca & Gilberto de Andrade Martins-Editor