



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
FACULDADE DE OCEANOGRAFIA**

---

## **TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

# **PROTEÍNAS TOTAIS E CLOROFILA-A NO MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO DE UM IGARAPÉ AMAZÔNICO**

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado por:**

**IRLA RAMOS RIBEIRO**

**Orientador: Prof. Dr. Silvia Keiko Kawakami (UFPA)**

---

**BELÉM  
2017**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
FACULDADE DE OCEANOGRAFIA**

---

## **TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

# **PROTEÍNAS TOTAIS E CLOROFILA-A NO MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO DE UM IGARAPÉ AMAZÔNICO**

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado por:**

**IRLA RAMOS RIBEIRO**

**BELÉM  
2017**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
Biblioteca do Instituto de Geociências/SIBI/UFPA

---

Ribeiro, Irla Ramos, 1994 -

Proteínas totais e clorofila-A no material particulado em suspensão de um igarapé amazônico / Irla Ramos Ribeiro. – 2017.

xiii, 28f. : il. ; 30 cm

Inclui bibliografias

Orientadora: Silvia Keiko Kawakami

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Faculdade de Oceanografia, Belém, 2017.

1. Química da água. 2. Clorofila. 3. Tucunduba, Rio (PA). 4. Amazônia. I. Título.

---

CDD 22. ed. 546.2209811



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
FACULDADE DE OCEANOGRAFIA**

**PROTEÍNAS TOTAIS E CLOROFILA-A NO MATERIAL  
PARTICULADO EM SUSPENSÃO DE UM IGARAPÉ  
AMAZÔNICO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO APRESENTADA POR:**

**IRLA RAMOS RIBEIRO**

**Como requisito parcial a obtenção do Grau de Bacharel em OCEANOGRAFIA**

**Data de Aprovação: 04 /04/ 2017**

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Dr. Silvia Keiko Kawakami – Orientadora  
(Doutora em Oceanografia Química – UFPA)

---

Prof. Silvana do Socorro Veloso Sodré – Membro  
(Doutora em Geologia e Geoquímica – UFPA)

---

Msc. Rafael Fernando Oliveira Aquino –  
Membro (Doutorando em Geofísica – UFPA)

Aos meus pais, meus  
maiores inspiradores.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a minha família, que mesmo -longe estiveram me apoiando durante os 4 anos de curso. Ao meu pai, que me incentivou a prestar vestibular para Oceanografia, e a minha mãe por toda preocupação com o meu bem-estar, sem vocês eu não conseguiria concluir mais essa etapa da minha vida e ao meu irmão por todo auxílio e paciência durante esses anos que curso.

A minha orientadora Prof. Dr. Silvia Keiko Kawakami, pelo ensinamento passado durante o meu estágio no Laboratório de Oceanografia Química e na confecção deste trabalho de conclusão.

Aos meus amigos de Barcarena, Larissa, Lucas, Kassio, Palloma, Adinaildo, Leonam, Nathalia, Viviane, por essa amizade linda, de mais de uma década, por todos os momentos alegres que compartilhamos e as dificuldades que enfrentamos em nossa busca por conhecimento, mesmo estando em caminhos diferentes, sempre nos reencontramos.

Aos -F.R.I.E.N.D.S|, em especial à Priscila, Marcus e Bárbara por serem os melhores amigos, companheiros e confidentes que eu tive o prazer de conhecer dentro desse mundo lindo que é a Oceanografia e a turma de 2013, vencemos mais uma etapa.

Aos colegas de laboratório, Priscila, Felipe, Lucas, David, pela ajuda e momentos de descontração. Ao Felipe e Lucas pelo auxílio nas coletas.

E a todos que tiveram influência direta ou indiretamente na realização desse trabalho, e na minha formação.

*“Uma mulher que se esforça para aprimorar a si mesma consegue valorizar ao máximo qualquer momento de sua existência” – Daisaku Ikeda*

## RESUMO

As proteínas são biomoléculas pertencentes dos tecidos dos organismos aquáticos e o seu estudo traz novas abordagens para o estudo da qualidade dos corpos hídricos. Por esse motivo este trabalho teve o objetivo de contribuir para a avaliação da composição bioquímica do material particulado em suspensão de um igarapé amazônico antropizado com base nas concentrações de proteínas totais e clorofila-*a*. Para a realização desse estudo foi coletado água superficial do Igarapé Tucunduba. Este igarapé sofre impactos decorrentes da urbanização e ocupação desordenada da cidade de Belém, sendo um dos principais receptores de esgotos não tratados. Em laboratório foi realizada a extração dos compostos clorofilados e proteínas totais do material particulado em suspensão. Nos resultados foram obtidos concentrações de proteínas entre 2,297 - 0,028 ( $\mu\text{g/mL}$ ), de clorofila-*a* entre 3,8 - 0,9 ( $\mu\text{g/L}$ ) e de feofitina-*a* entre 4,5 - 15,0 ( $\mu\text{g/L}$ ), na qual foi possível observar que as concentrações de proteínas totais não sofrem influência direta dos compostos clorofilados, mas possivelmente da ação antrópica.

Palavras-chave: Compostos clorofilados. Parâmetros físico-químicos. Tucunduba. Amazônia.

## ABSTRACT

Proteins are biomolecules belonging to the tissues of aquatic organisms and their study brings new approaches to the study of the quality of water bodies. Therefore, this work aims to contribute to the evaluation of the biochemical composition of the suspended particulate matter of an Amazonian anthropic igarapé based on the concentrations of total proteins and chlorophyll a. For this study, surface water was collected from the Tucunduba Igarapé. This igarapé suffers impacts due to the urbanization and disordered occupation of the city of Belém, being one of the main receivers of untreated sewage. In the laboratory the extraction of the chlorophyll compounds and total proteins of the suspended particulate material was carried out. In the results, protein concentrations were obtained between 2,297-0,028 ( $\mu\text{g}/\text{mL}$ ), chlorophyll-a between 3.8-0.9 ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ) and feofitin-a between 4.5-15.0 ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ), in which it was possible to observe that the concentrations of total proteins do not suffer direct influence of the chlorophyll compounds, but possibly of the antropic action.

Keywords: Chlorophyll compounds. Physical-chemical parameters. Tucunduba. Amazon.

**LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

Figura 1- Estrutura química da clorofila- <i>a</i> .....	5
Figura 2- Mapa localizando a área de estudo .....	9
Figura 3- Realização de coleta de parâmetros físico-químicos com auxílio de um analisador multiparâmetros .....	11
Figura 4- Coleta de água superficial realizado no dia 07 de dezembro de 2016. ....	11
Figura 5- Sistema de filtração. ....	12
Figura 6- Filtração de um volume conhecido de amostra de água.....	12
Figura 7- Leitura da absorbância dos extratos no espectrofotômetro. ....	13
Figura 8- Processo de maceração do filtro para extração de proteínas totais.....	13
Figura 9- Curva de calibração.....	14
Figura 10- Banho de ultrassom das réplicas para extração de compostos clorofilados. ....	15
Figura 11- Índices pluviométricos durante os meses de amostragem. i. Índice do dia 07 de dezembro de 2016; ii. Índice do dia 18 de janeiro de 2017; iii. Índice do dia 20 de janeiro de 2017; vi. Índice do dia 3 de fevereiro de 2017. ....	20
Figura 12- Gráfico de dispersão, concentração de proteínas totais vs clorofila- <i>a</i> . ....	21
Figura 13- Gráfico de dispersão, concentração de proteínas totais vs feofitina- <i>a</i> . ....	21

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1- Parâmetros físico-químicos para as amostras do igarapé Tucunduba.....	17
Tabela 2- Valores de MPS nos diferentes períodos de amostragem. ....	17
Tabela 3- Concentrações de proteínas totais nos meses de amostragem. ....	18
Tabela 4- Valores de clorofila-a e feofitina-a nos períodos de amostragem .....	18

**LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E/OU SÍMBOLOS**

CE -	Condutividade elétrica
CETESB -	Companhia Ambiental Do Estado De São Paulo
DHN -	Diretoria de Hidrografia e Navegação
DNA -	Ácido desoxirribonucleico
DOM -	Material orgânico dissolvido
INMET -	Instituto Nacional de Meteorologia
MPS -	Material particulado em suspensão
pH -	Potencial hidrogeniônico
POM -	Material orgânico particulado
RNA -	Ácido ribonucleico
STD -	Sólidos totais dissolvidos

## SUMÁRIO

<b>DEDICATÓRIA</b> .....	iv
<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	v
<b>EPÍGRAFE</b> .....	vi
<b>RESUMO</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	viii
<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES</b> .....	ix
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	x
<b>LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E/OU SÍMBOLOS</b> .....	xi
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1 OBJETIVO GERAL E ESPECÍFICOS .....	2
1.1.1 <b>Objetivo geral</b> .....	2
1.1.2 <b>Objetivos específicos</b> .....	2
<b>2 REFERÊNCIAL TEÓRICO</b> .....	3
2.1 MATÉRIA ORGÂNICA .....	3
2.1.1 <b>Proteínas</b> .....	4
2.2 COMPOSTOS CROFILADOS .....	4
2.3 MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO.....	5
2.4 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS .....	6
2.5 BACIAS HIDROGRÁFICAS URBANAS.....	7
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	9
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	9
3.2 AMOSTRAGEM.....	11
3.3 ANÁLISES LABORATORIAIS.....	12
3.3.1 <b>Material Particulado em Suspensão</b> .....	12
3.3.2 Processo de extração de Proteínas Totais.....	13

	xiii
3.3.3 Processo de extração de Compostos Clorofilados .....	14
<b>4 RESULTADOS</b> .....	17
4.1 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS .....	17
4.2 MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO.....	17
4.3 PROTEÍNAS TOTAIS .....	18
4.4 COMPOSTOS CLOROFILADOS .....	18
<b>5 DISCUSSÃO</b> .....	19
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	23
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	24
<b>APÊNDICE</b> .....	27
<b>APÊNDICE A – DADOS DE FILTRAGEM</b> .....	28

## 1 INTRODUÇÃO

A química da água do rio é controlada por fatores naturais como a geologia e topografia da bacia hidrográfica, vegetação, precipitação e fatores antropogênicos, como uso/mudança da cobertura da terra, urbanização e descargas de esgotos. Esses fatores também resultam em mudanças significativas nos processos biogeoquímicos aquáticos (Ahearn *et al.* 2005, Chattopadhyay *et al.* 2005, Sliva & Williams 2001).

Rios de pequeno porte, conhecidos como igarapés, são inúmeros na região amazônica, e devido às ocupações desordenadas e deficiência na infraestrutura básica, encontram-se comprometidos. Em Belém, esses pequenos rios representam o principal meio de descargas de esgotos sem tratamento, uma vez que a cidade praticamente não conta com sistemas de esgotamento sanitário adequado. Possivelmente o aporte de efluentes não tratados resulte em modificações bióticas e abióticas com consequência deletéria aos organismos aquáticos e aos que deles dependam. Por essa razão há a necessidade de estudar o Igarapé do Tucunduba, que se situa na região metropolitana de Belém, e apresenta qualidade deteriorada das águas devido ao mau planejamento urbano e ocupação irregular da bacia hidrográfica. (Matos 2011).

O estudo de proteínas totais traz uma nova abordagem para inferir sobre a qualidade da água, dado que as proteínas são biomoléculas presente em partes estruturais e tecidos de todos os organismos, integrando assim a matéria orgânica. Os distúrbios indesejáveis ocasionados pelo aporte excessivo de matéria orgânica incluem: (1) mudanças nas estruturas da rede alimentar, (2) proliferação de organismos prejudiciais e (3) hipóxia. (Libes 2009)

A interpretação das proteínas totais se deu a partir da composição bioquímica do material particulado em suspensão das águas superficiais do Tucunduba, que foram avaliadas a partir da determinação de proteínas totais, clorofila-*a*, seu produto de degradação a feofitina-*a* e outros parâmetros auxiliares como pH, temperatura da água, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos.

## 1.1 OBJETIVO GERAL E ESPECÍFICOS

### 1.1.1 Objetivo geral

Contribuir para a avaliação da composição bioquímica do material particulado em suspensão de um igarapé amazônico com base nas concentrações de proteínas totais e clorofila-*a*.

### 1.1.2 Objetivos específicos

Aplicar um método analítico para proteínas totais em material particulado em suspensão de um igarapé que sofre pressão antrópica.

Determinar as concentrações de clorofila-*a* e feofitina-*a* no material particulado em suspensão por espectrofotometria no visível.

Coletar e correlacionar os parâmetros auxiliares como temperatura da água, pH, sólidos totais dissolvidos, condutividade elétrica se à influência sobre as concentrações de proteínas no material particulado em suspensão.

Comparar os dados obtidos com os da literatura.

## 2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

### 2.1 MATÉRIA ORGÂNICA

Matéria orgânica engloba a todos os compostos orgânicos. Compostos que constituem a matéria orgânica são diversas na estrutura, peso molecular e composição elementar. Alguns desses compostos, orgânicos, chamados biomoléculas, são formados diretamente pelos organismos. Outros, como os materiais húmicos, são provenientes de fragmentos de biomoléculas produzidas abioticamente, como por meio de reações fotoquímicas. Os elementos mais abundantes nestes compostos orgânicos são carbono, hidrogênio, nitrogênio, oxigênio, fósforo e enxofre, e pequenas quantidades de metais traços também estão presentes (Libes 2009).

A maior parte da matéria orgânica nos ambientes aquáticos é produzida *in situ* pelo fitoplâncton. A matéria orgânica produzida fora do ambiente aquático pode ser introduzida no mesmo pela ação dos rios, atmosfera, emissões hidrotérmicas e fontes extraterrestres, como impactos de meteoritos. Essa matéria pode ser dividida em matéria orgânica dissolvida (DOM) como os aminoácidos, lipídios, material húmico e compostos organometálicos, e matéria orgânica particulada (POM) é composta por biomassa de plâncton, pelotas fecais e redes de alimentação (Libes 2009).

A fotossíntese é a fonte final de quase toda a matéria orgânica que suporta a atividade heterotrófica nos ambientes aquáticos. Esta matéria orgânica é transferida através da rede alimentar marinha pelas atividades de alimentação de organismos heterotróficos incluindo bactérias, protozoários e animais. Parte dessa matéria orgânica é transferida para a cadeia alimentar sob a forma de POM quando o fitoplâncton é consumido por zooplâncton herbívoro, que por sua vez são consumidos por consumidores de ordem superior. Quando esses organismos morrem, seus tecidos se degradam, primeiro através das membranas celulares lise, fazendo com que a DOM seja liberado no ambiente aquático. A DOM também é fornecido a esse ambiente a partir da composição de outras formas de POM detrital, tais como: (1) pelotas fecais; (2) redes de alimentação; (3) materiais estruturais, como a quitina que faz os exoesqueletos dos crustáceos; (4) tecidos mortos; e (5) fragmentos amorfos denominados de -nevell (Libes 2009).

### 2.1.1 Proteínas

As proteínas são formadas por centenas ou milhares de unidades menores chamadas aminoácidos, que são ligados uns aos outros em cadeias longas. Existem 20 tipos diferentes de aminoácidos que podem ser combinados para fazer uma proteína. A sequência de aminoácidos determina a estrutura tridimensional única de cada proteína e sua função específica (Genetics Home Reference 2017).

As proteínas podem ser grandes ou pequenas, a maioria hidrófila ou principalmente hidrofóbica, existem sozinhas ou como parte de uma estrutura de multi-unidade, e mudam de forma frequentemente ou permanecem praticamente imóveis. Todas estas diferenças surgem das sequências de aminoácidos únicas que compõem as proteínas.

As proteínas estruturais mantêm a forma celular, semelhante a um esqueleto, e compõem elementos estruturais em tecidos conjuntivos como cartilagem e osso em vertebrados. Enzimas são outro tipo de proteínas, e essas moléculas catalisam as reações bioquímicas que ocorrem nas células. No entanto, outras proteínas funcionam como monitores, mudando sua forma e atividade em resposta a sinais metabólicos ou mensagens de fora das células. As células também segregam várias proteínas, que se tornam parte da matriz extracelular ou estão envolvidas na comunicação intercelular (Nature 2017).

No ambiente aquático as proteínas são componentes importantes de enzimas, bem como de partes estruturais e tecidos conectivos, compondo as paredes celulares das bactérias e algas, que cercam suas membranas celulares. Proteínas, lipídios, DNA e RNA incluem as biomoléculas constituintes da matéria orgânica planctônica (Libes, 2009). O exemplo de proteínas nesses ambientes é nas paredes celulares do fitoplâncton, que é o principal produtor primário dos ambientes costeiros, sendo responsável pelo início do fluxo de matéria e energia da rede trófica destes ambientes, contribuindo para a sua fertilização, sustentando diretamente os herbívoros e indiretamente os animais dos níveis tróficos superiores, incluindo espécies economicamente importantes (Dring 1992).

## 2.2 COMPOSTOS CROFILADOS

As clorofilas são derivadas da porfirina, com peso molecular próximo a 900, contendo um átomo de magnésio e apresentando dois máximos de absorção de luz, a 430 nm, luz azul, e a 664 nm, luz vermelha (Clayton 1974). Medidas de concentração de clorofila têm sido realizadas em ecossistemas aquáticos, pois permitem abordagem preliminar sobre a ocorrência de microrganismos fitoplanctônicos e fornecem informações úteis sobre a

qualidade da água, principalmente em processos de eutrofização. Através da determinação de clorofila nas águas, pode-se avaliar a capacidade de reoxigenação do corpo d'água e também a densidade de sua população de algas (Jones & Lee 1982 ; Esteves 1988).

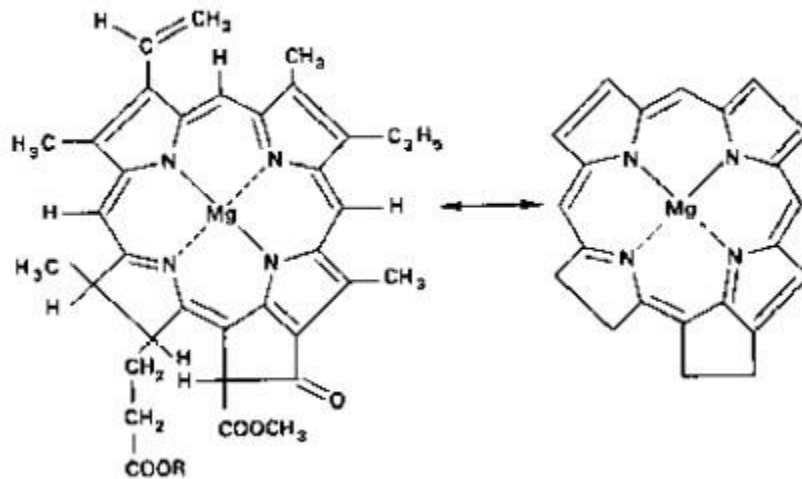


Figura 1- Estrutura química da clorofila-*a*  
Fonte: (Clayton 1974).

O pigmento que se destaca das clorofilas é a clorofila-*a* (Figura 1), tipo de clorofila fisiologicamente mais importante e está presente em todos os grupos de vegetais e algas superiores, e geralmente é encontrado em maior quantidade. A quantidade de clorofila-*a* é um bom estimador da biomassa fitoplanctônica presente nas águas naturais. Para a determinação quantitativa da clorofila-*a* e de outras clorofilas são muito empregados os métodos espectrofotômetros (Varela & Massa 1981).

As moléculas de clorofila não são estáveis e dependendo das condições do meio, tais como mudanças de pH, temperatura ou luminosidade excessiva, elas podem sofrer degradação, originando produtos conhecidos como feopigmentos (CETESB 1990) A presença do pigmento feofitina em extratos condiciona baixos valores de taxa de fotossíntese por unidade total de pigmentos.

### 2.3 MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO

O material particulado em suspensão compreende a parte sólida contida na água que não ultrapassa o filtro de porosidade de 0,45 µm. Na prática, as substâncias retidas no filtro são referidas como sólidos ou partículas e as substâncias que passam através do filtro são

referidas como matéria dissolvida ou soluto. Estes são exemplos de definições operacionais, como a separação em tamanho categorias é dependente das condições em que a filtragem é realizada. O material orgânico particulado engloba biomassa fitoplanctônica, pelotas fecais e material inorgânico particulado engloba os minerais de argila e oxi-hidróxido de ferro (Libes 2009).

O material particulado tem importante papel nos ecossistemas aquáticos como elo basal da malha trófica. Além disso, o material em suspensão serve como superfície de adsorção para metais e substâncias orgânicas de modo a influenciar o transporte e mobilização de contaminantes nos ecossistemas aquáticos.

## 2.4 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

As características da qualidade das águas derivam dos ambientes naturais e antrópicos onde se originam, circulam, percolam ou ficam estocadas. (Rebouças *et al.* 2002). Para uma interpretação ecológica da qualidade das águas superficiais e/ou para estabelecer um sistema de monitoramento, é necessário a utilização de métodos simples e que deem informações objetivas e interpretáveis, partindo para critérios próprios que considerem as características peculiares dos recursos hídricos (Pineda & Schäfer 1987). Por isso utiliza-se dados de pH, sólidos totais dissolvidos (STD), condutividade elétrica (CE), temperatura e entre outros para contribuir nas características físico-química das águas.

O potencial de hidrogênio iônico, pH, da água resulta no grau de acidez ou alcalinidade de um recurso hídrico, e é expressa em termos de concentração de íons,  $H^+$ , na qual é definido como o logaritmo negativo da concentração molar de íons hidrogênio:  $pH = -\log [H^+]$  (para coeficiente de atividade hidrogeniônico unitário). Considerando uma solução neutra, onde  $[H^+] = [OH^-] = 1,0 \times 10^{-7}M$  à  $25^\circ C$ , o pH é:  $-\log [H^+] = -\log 10^{-7} = -(-7) = 7$  (Esteves 1988), que influência na solubilidade dos constituintes químicos (montante que pode ser dissolvido na água) e a disponibilidade biológica (montante que pode ser utilizado pela vida aquática). Referindo-se as águas amazônicas, são ligeiramente ácidas apresentando pH em torno de 6,2 a 7,2.

A condutividade elétrica (CE) da água é controlada pelo tipo de rocha onde está implantada a bacia fluvial. Constitui uma das variáveis mais importantes para o ambiente aquático, visto que pode fornecer importantes informações sobre o metabolismo aquático, como fenômenos importantes que ocorram na sua bacia e também pode ajudar na detecção de fontes poluidoras nos ecossistemas aquáticos (Santos 1997).

O teor de sólidos totais dissolvidos (STD) é um índice da quantidade de substâncias dissolvidas na água e está diretamente relacionado com a condutividade elétrica. Fornecem uma boa indicação da composição das águas, especialmente na sua concentração mineral, porém não indica as quantidades relativas dos vários componentes. Altos valores de condutividade elétrica podem indicar características corrosivas da água, o que pode ser decorrente de lançamentos de despejos industriais e esgotos domésticos (Nascimento 1995, Bordalo *et al.* 2007). A principal aplicação da determinação do STD é de qualidade estética da água potável, e como um indicador agregado da presença de produtos químicos contaminantes. As fontes primárias de STD em águas receptoras são, agrícolas e residenciais, lixiviação de solos contaminados e fontes pontuais de descarga de poluição das águas industriais ou estações de tratamento de esgoto. As substâncias dissolvidas podem ser íons orgânicos e íons inorgânicos (como o carbonato, bicarbonato, cloreto, sulfato, fosfato, nitrato, cálcio, magnésio e sódio) que em concentrações elevadas podem ser prejudiciais à vida aquática (Pereira *et al.* 2011)

A temperatura controla as taxas nas quais as reações químicas e os processos biológicos (tais como o metabolismo e o crescimento) ocorrem (Lalli & Parson 1997). A temperatura é uma variável fundamental para a manutenção da vida aquática e controla todos os processos químicos ocorridos nos cursos d'água, interferindo diretamente na capacidade de autodepuração, fenômeno natural em que o curso hídrico retorna às suas características iniciais depois de cessado o lançamento de efluentes (Mota 1997).

## 2.5 BACIAS HIDROGRÁFICAS URBANAS

A bacia hidrográfica é definida como o conjunto de terras limitadas por divisores de águas contendo uma rede de drenagem que drena a água para um único ponto denominado exutório. O sistema de drenagem da bacia é composto de nascentes dos cursos de água, principais e secundários, denominados afluentes e subafluentes (Targa 2008).

Nos últimos anos as cidades vêm passando por transformações em todo o seu espaço devido ao grande crescimento populacional. O Brasil apresentou ao longo das últimas décadas um crescimento significativo da população urbana, que tem sido concentrado em regiões metropolitanas, na capital dos estados e cidades polos regionais. Os efeitos desse processo, faz-se sentir sobre todo o aparelhamento urbano relativo a recursos hídricos: abastecimento de água, transporte e tratamento de esgotos cloacal e pluvial (Tucci 1997).

De acordo com Tucci (1995), os principais impactos da urbanização sobre os sistemas de drenagem são: obstruções ao escoamento como aterros e pontes, drenagens inadequadas e

obstruções ao escoamento junto a condutos e assoreamento; aumento de sedimentos e material sólido correspondente ao aumento dos sedimentos produzidos pela bacia hidrográfica, devido às construções, limpeza de terrenos para novos loteamentos, construção de ruas, avenidas e rodovias entre outras causas; a deterioração da qualidade da água superficial e subterrânea, devido a lavagem das ruas, transporte de material sólido e as ligações clandestinas de esgoto cloacal e pluvial e contaminação de aquíferos.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

A Bacia do Tucunduba está localizada a sudeste da cidade de Belém que possui uma preocupante situação das bacias hidrográficas, pois tais cursos d'água são transformados em canais retificados que recebem tanto a água pluvial, quanto esgotos lançados sem tratamento. O Igarapé Tucunduba é afluente do Rio Guamá e possui uma área de drenagem de aproximadamente 1.055 ha, sendo que cerca de 575 ha são áreas de -baixadas, correspondendo a 21,02% das áreas de várzea de Belém (Brasil 1974). A bacia é composta por 13 canais, com 14.175 metros de extensão dos quais 7.865 metros são retificados. O Tucunduba é o principal igarapé da bacia, com 3.600 metros de extensão, sendo este curso d'água e seus afluentes os responsáveis pelos alagamentos dos terrenos localizados nos bairros que compõem a referida bacia (PMB 2000b).

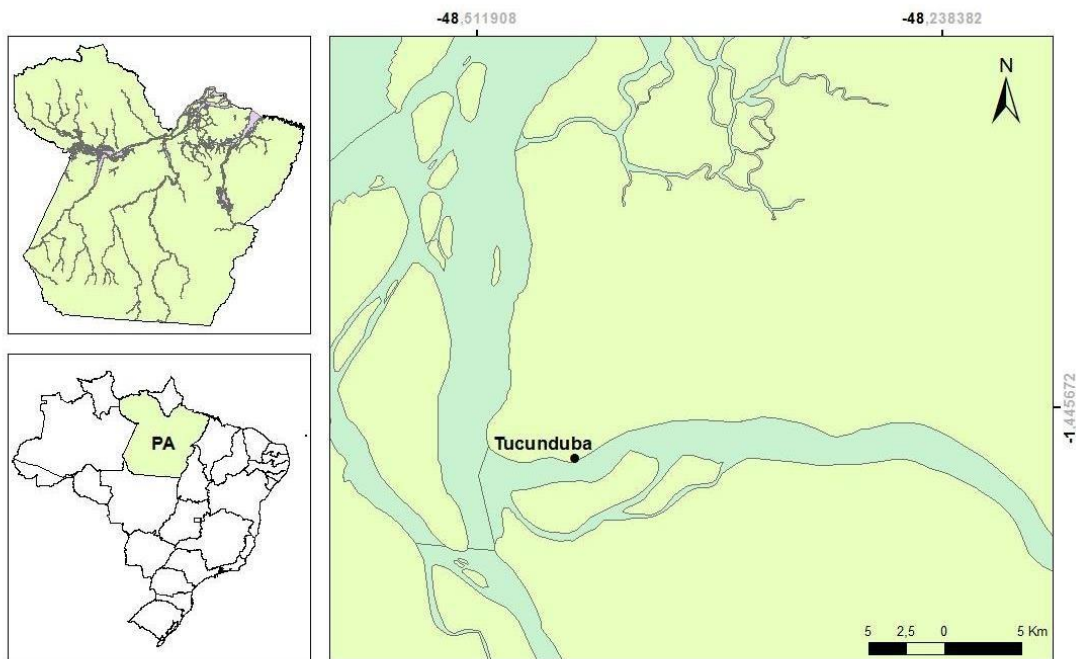


Figura 2- Mapa localizando a área de estudo.

Trata-se de uma área marcada pela concentração de moradias inadequadas, que são casas palafitadas construídas sobre os cursos d'água (igarapés e igapós) onde inexitem, ou são insuficientes, os serviços básicos como: saneamento (drenagem e tratamento dos esgotos domiciliares, industriais e comerciais), fornecimento de água, coleta e tratamento de lixo, que afetam de forma direta a saúde desta população (Barbosa 2003).

Nas margens do igarapé do Tucunduba existem madeiras, comércio de telhas, de tijolos, de carvão e de açaí, além de casas construídas às margens do igarapé com seus esgotos lançados diretamente no corpo hídrico, comprometendo, inevitavelmente, a qualidade da água (Matos *et al.* 2011). O igarapé desemboca no rio Guamá que margeia a cidade de Belém ao sul e deságua na baía do Guajará (Penteado 1968).

A partir da classificação de Köppen-Geiger, a região de estudo se enquadra na classificação Am (clima de monções), sua temperatura média varia entre 22 e 25°C. A umidade relativa do ar chega a 91% nos meses mais chuvosos. Sem estações climáticas definidas, possui dois períodos sazonais: chuvoso (dezembro a maio) e menos chuvoso (julho a novembro), (Nascimento 1995), que ocorre principalmente devido à migração latitudinal da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) nos meses de verão austral. Ocorre uma redução da precipitação pluviométrica em junho; e em novembro, essa taxa começa a se elevar, com média anual de aproximadamente, 2300 mm (Walter & Lieth 1967).

A região sofre com a ação das marés semi-diurnas, com variação de altura entre 2,9 na maré de quadratura e 3,5 na maré de sizígia (DHN 2017).

### 3.2 AMOSTRAGEM

As amostras de água superficial foram coletadas na Universidade Federal do Pará (UFPA), campus Belém, no Igarapé do Tucunduba que cruza o campus, entre os meses de dezembro a fevereiro de 2016-2017, nas marés vazante e enchente.



Figura 4- Coleta de água superficial realizado no dia 07 de dezembro de 2016.



Figura 3- Realização de coleta de parâmetros físico-químicos com auxílio de um analisador multiparâmetros.

A coleta foi realizada com o auxílio de um balde de plástico (Figura 3), sendo a água transferida para garrafas de polipropileno de 1L, totalizando 3 réplicas do mesmo ponto. *In situ* foi realizada a medição dos parâmetros físico-químicos (pH, CE, temperatura e STD) com uso de um analisador multiparâmetros da marca HANNA HI 991301, ilustrado na Figura 4. Amostras de água foram coletadas para determinação de oxigênio dissolvido, mas devido à presença de interferentes na água não foi possível a aplicação da metodologia de Winkler.

As amostras foram levadas para o Laboratório de Oceanografia Química (LOQ), localizado na própria UFPA. Em seguida, as amostras foram preparadas em triplicatas para filtração e análises.

### 3.3 ANÁLISES LABORATORIAIS

#### 3.3.1 Material Particulado em Suspensão

Para a determinação do MPS, foi filtrado volumes de amostras compreendidos entre 200 mL – 300 mL (devido das dificuldades encontradas em função da quantidade de sólidos presentes nas amostras), como ilustrado nas Figuras 5 e 6. Foram utilizadas membrana de fibra de vidro de 0,45 µm de porosidade de 47 mm de diâmetro previamente pesados. Os filtros foram dobrados e envoltos em papel alumínio, e armazenados no congelador até que fossem feitas as devidas extrações de proteínas totais e clorofila-*a*.



Figura 5- Sistema de filtragem.



Figura 6- Filtragem de um volume conhecido de amostra de água.

Equação abaixo refere-se ao cálculo das concentrações do MPS.

$$\frac{[( \quad )]}{( \quad )} \quad (1)$$

P2 (g) = Peso do filtro com o material em suspensão úmido

P1 (g) = Peso do filtro vazio

V (mL) = Volume da amostra filtrada

### 3.3.2 Processo de extração de Proteínas Totais

Para a extração de proteínas totais, foi utilizado a metodologia de Bradford (1976). Primeiramente, os filtros foram retirados do freezer e aguardou-se o descongelamento, sendo em seguida transferidos para frasco eppendorf (2,0 mL). Foram adicionados 1000  $\mu\text{L}$  de tampão de fosfato 0,1 M de pH 7, e os filtros foram macerados com espátula de aço ilustrado na Figura 8. Em seguida a extração foi realizada em banho de ultrassom por 10 min, com 5 minutos de intervalo para homogeneizar com a espátula. Logo após houve a centrifugação dos extratos por 5 minutos e retirada da alíquota de 100  $\mu\text{L}$  do extrato e transferência para cubetas. Onde foi adicionado 900  $\mu\text{L}$  de tampão e 1000  $\mu\text{L}$  de reagente Bradford nas cubetas de vidro. A homogeneização se deu a partir de micropipeta e logo após houve uma pausa de 5 minutos e em seguida houve a leitura da absorbância (595 nm) no espectrofotômetro, representado na Figura 7. A realização do branco se deu a partir de 1000  $\mu\text{L}$  de tampão e 1000  $\mu\text{L}$  do reagente de Bradford.



Figura 7- Leitura da absorbância dos extratos no espectrofotômetro.

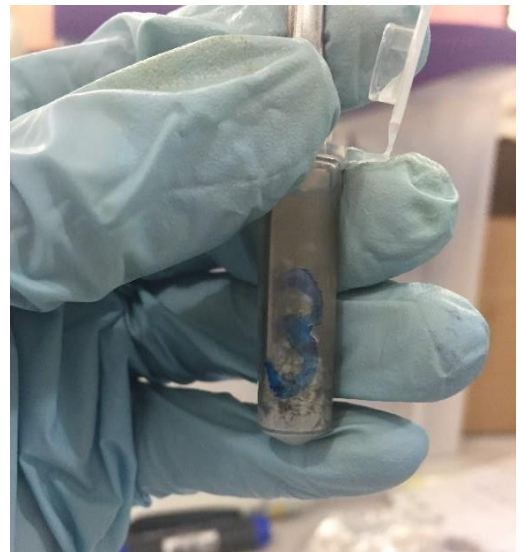


Figura 8- Processo de maceração do filtro para extração de proteínas totais.

Para a realização dos cálculos de proteínas totais calculou-se com base no coeficiente de determinação ( $R^2$ ) da curva padrão já que se trata de concentrações desconhecidas.

O  $R^2$  é um indicador usado para medir a qualidade do ajustamento de uma linha de regressão, isto é, em que proporções a variável dependente ( $y$ ) é explicada pela variável independente ( $x$ ). Seu valor está no intervalo de 0 a 1, se  $R^2$  for igual a 1, isto significa que

todos os pontos observados se situam –exatamente– sobre a reta de regressão. Tendo-se, neste caso, um ajuste perfeito. As variações da variável Y são 100% explicadas pelas variações da variável X, não ocorrendo desvios em torno da função estimada. Por outro lado, se  $R^2 = 0$ , isto quer dizer que as variações de Y são exclusivamente aleatórias e explicadas pelas variações de outros fatores que não X, Wilks (2006).

O cálculo se deu a partir a seguinte equação:

$$\text{—————} \quad (2)$$

Onde,

y = valor obtido na absorbância

x = valor de proteínas a ser convertido

Que foi gerada com base na equação formada pela curva de calibração ilustrado na Figura 9, onde o valor de foi isolado já que se refere a concentração de proteínas a ser convertido em  $\mu\text{g/mL}$ .

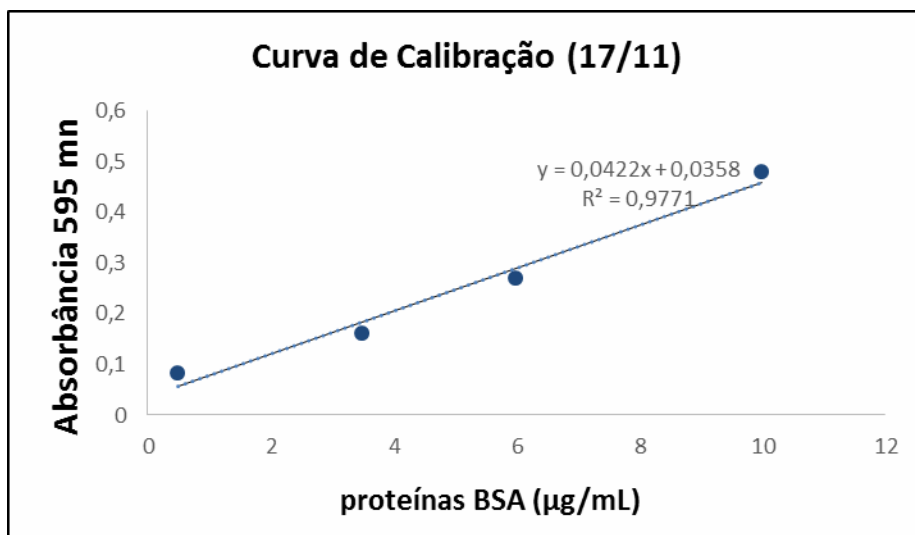


Figura 9- Curva de calibração.

### 3.3.3 Processo de extração de Compostos Clorofilados

Para a determinação das concentrações de clorofila-*a* e seu produto de degradação feofitina-*a*, utilizou-se o método espectrofotométrico adaptado por Arar (1997), que consistiu nas seguintes etapas: filtração das amostras de água com filtros de fibra de vidro de  $0,45\mu\text{m}$  para retirada do fitoplâncton do volume medido de água; transferência dos filtros para frascos falcons e adição de 10 mL de acetona a 90%; maceração dos filtros para facilitar a extração dos pigmentos; extração em banho de ultrassom (Figura 10); centrifugação dos filtros a 5000

rpm durante 15 min para clarear a solução; transferência de alíquota de 3 mL para cubetas e por fim a leituras das absorbâncias no espectrofotômetro medidas em quatro comprimentos de onda (630, 647, 664, 750 nm) e realização do branco.



Figura 10- Banho de ultrassom das réplicas para extração de compostos clorofilados.

Para a conversão da clorofila-*a* em feofitina-*a* adicionou-se às cubetas 90  $\mu$ L de ácido clorídrico (HCl 0,1 N) e aguardou-se 90 segundos, em seguida as absorbâncias foram lidas a 665 e 750 nm. As concentrações de clorofila-*a* e feofitina-*a* foram obtidas através das seguintes equações tricromáticas de Jeffrey, Humphrey e de Lorenzen:

$$C_{E,a} = 11,85 (\text{Abs } 664 - 750) - 1,54 (\text{Abs } 647-750) - 0,08 (\text{Abs } 630-750) \quad (3)$$

Onde,

$C_{E,a}$  = concentração (mg/L) da clorofila-*a* na solução extraída analisada.

$$PE, a = 26,7 \times [1,7 \times (\text{Abs } 665ac - 750ac) - (\text{Abs } 664b - 750ac)] \quad (4)$$

Onde,

$PE, a$  = concentração (mg/L) de feofitina-*a* na extração da medida.

$$\frac{(\quad) (\quad)}{(\quad) (\quad)} \quad (5)$$

Onde,

$C_S$  = concentração (mg/L) de pigmento em toda a amostra de água.

$C_E(a)$  = concentração (mg/L) de pigmento medido no extrato na cubeta de vidro.

Volume do extrato = volume (L) do extrato (antes de qualquer diluição), tipicamente 0,0104.

DF = todos os fatores de diluição.

Volume da amostra = volume (L) de toda a amostra que foi filtrada.

Comprimento da cubeta = comprimento do percurso óptico (cm) da cubeta utilizada (normalmente 1 cm).

## 4 RESULTADOS

### 4.1 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Os resultados obtidos para parâmetros físico-químicos medidos *in situ* pH, sólidos totais dissolvidos, condutividade elétrica e temperatura encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1- Parâmetros físico-químicos para as amostras do igarapé Tucunduba.

	Temperatura (°C)	pH	Sólidos Totais Dissolvidos (g/L)	Condutividade elétrica (mS/cm)
<b>07/dez</b>	27,4	6,74	0,75	0,37
<b>18/jan</b>	26,9	6,73	0,32	0,66
<b>20/jan</b>	26,6	6,68	0,52	0,25
<b>03/fev</b>	28,7	6,77	0,20	0,40

Fonte: Da autora.

O mês de fevereiro apresentou os maiores valores de temperatura, pH com os respectivos valores, 28,7 °C, 6,77 e em 18 de janeiro foi o dia onde foi possível observar maior valor de CE com 0,66 mS/cm. Já o mês de dezembro obteve o valor de STD mais elevado comparado aos demais meses de amostragem.

### 4.2 MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO

Dentre os meses de coleta, o mês de fevereiro foi o que apresentou o maior e menor valores, tendo o seu máximo de 2659,5 (mg/L), e seu mínimo de 1645,6 (mg/L). Os valores de peso úmido são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2- Valores de MPS nos diferentes períodos de amostragem.

	MPS (mg/L)		
	Máximo	Mínimo	Média
<b>07/dez</b>	2286,3	2037,6	2200,8
<b>18/jan</b>	2402,8	1788,4	2036,3
<b>20/jan</b>	2296,4	1841,2	1971,5
<b>03/fev</b>	2659,5	1645,6	2295,3

Fonte: Da autora.

#### 4.3 PROTEÍNAS TOTAIS

As concentrações de proteínas totais são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3- Concentrações de proteínas totais nos meses de amostragem.

<b>Proteínas totais (<math>\mu\text{g/mL}</math>)</b>			
	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Média</b>
<b>07/dez</b>	2,297	1,390	1,873
<b>18/jan</b>	1,553	0,344	0,858
<b>20/jan</b>	0,958	0,028	0,288
<b>03/fev</b>	1,409	0,329	0,920

Fonte: Da autora

O dia 07 de dezembro, foi observado o valor máximo e média de concentração de proteínas totais com 2,297  $\mu\text{g/mL}$  e 1,873  $\mu\text{g/mL}$  respectivamente. Enquanto no dia 20 de janeiro verificou-se o mínimo de 0,288  $\mu\text{g/mL}$ . Contudo, o mês de dezembro teve uma maior quantidade de volume filtrado quando comparado aos demais meses, e um menor número de replicatas, conseqüentemente foi constatado maiores concentrações de proteínas totais.

#### 4.4 COMPOSTOS CLOROFILADOS

Os valores médios das concentrações dos compostos clorofilados são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4- Valores de clorofila-a e feofitina-a nos períodos de amostragem.

	<b>Clorofila-a (<math>\mu\text{g/L}</math>)</b>	<b>Feofitina-a (<math>\mu\text{g/L}</math>)</b>
<b>07/dez</b>	3,8	10,7
<b>18/jan</b>	0,9	4,5
<b>20/jan</b>	1,9	7,7
<b>03/fev</b>	3,6	15,0

Fonte: Da autora.

Dentre os meses de amostragem o mês de janeiro foi o que apresentou menores valores de tanto de clorofila-a quanto do produto de degradação feofitina-a, 0,9 e 4,5  $\mu\text{L}$  respectivamente para o dia 18, e o dia 07 de dezembro foi o que apresentou maior concentração, de clorofila-a com 3,8 e o mês de fevereiro foi o que apresentou maior concentração de feofitina-a 3,6  $\mu\text{L}$ .

## 5 DISCUSSÃO

De modo geral observou-se relativa homogeneidade, para os parâmetros físico-químicos das amostras de água do igarapé do Tucunduba, como apresentado na Tabela 1. Os valores de pH apresentaram constância dentro do período investigado, e ficaram dentro da faixa que Sioli (1984) apresenta para as águas amazônicas de cor branca, de 6,2 – 7,2, apresentando uma pequena acidez, o ambiente sofre forte atuação do aporte de efluentes não tratados da cidade circundante ao igarapé.

A CE da água, é dependente do seu conteúdo iônico, e apresentou máximo em 18 de janeiro, ilustrado na Tabela 1, provavelmente devido as baixas concentrações de eletrólitos nos corpos d'água, característica das águas amazônicas em geral. No entanto este parâmetro pode ser influenciado por fatores tanto de origem natural como de fontes antropogênicas. Contudo, a variação abrupta deste parâmetro pode ser indicativa de eventos de origem antrópica (Castro et al, 2014). O igarapé em estudo sofre uma grande influência dos bairros que o circundam, e praticamente não conta com sistemas de esgotamento sanitário adequados, sendo lixiviados para o ambiente aquático, causando essa interferência nos valores de condutividade elétrica e em vários outros parâmetros.

Os valores de STD apresentaram declínio a medida que a CE teve um aumento em janeiro, indicando um distúrbio, ilustrado na Tabela 1. Uma das causas que provavelmente pode explicar esse decréscimo, é a condição de maré, já que as coletas foram realizadas em maré vazante, que tende a apresentar valores mais baixos de STD, ou devido a ressuspensão de material de fundo ou efluentes, que causou esse efeito.

Os valores de MPS obtido nas análises apresentaram valores superiores a concentração de 115 mg/L estudado por Pinheiro (1987), para a região adjacente, na qual o MPS varia mais durante um ciclo de maré do que ao longo do ano. Contudo, um dos fatores que explica esse fato é, que os filtros não passaram pelo processo de calcinação (para evitar perdas de matéria orgânica na etapa de extração das proteínas), portanto, o valor obtido foi o peso úmido. Pode-se também incluir o fator pluviométrico da região, que o período de amostragem se deu no período do inverno amazônico, onde a precipitação é superior a evaporação ocasionando um índice alto de pluviosidade como ilustrado na Figura 11.

A partir do estudo de Tucci (1997), à medida que uma cidade se urbaniza ocorre a deterioração da qualidade das águas superficiais, principalmente no início das chuvas, que lavam as superfícies impermeáveis e carregam material sólido. Podendo ser uma das fontes de elevada concentração de material no igarapé.

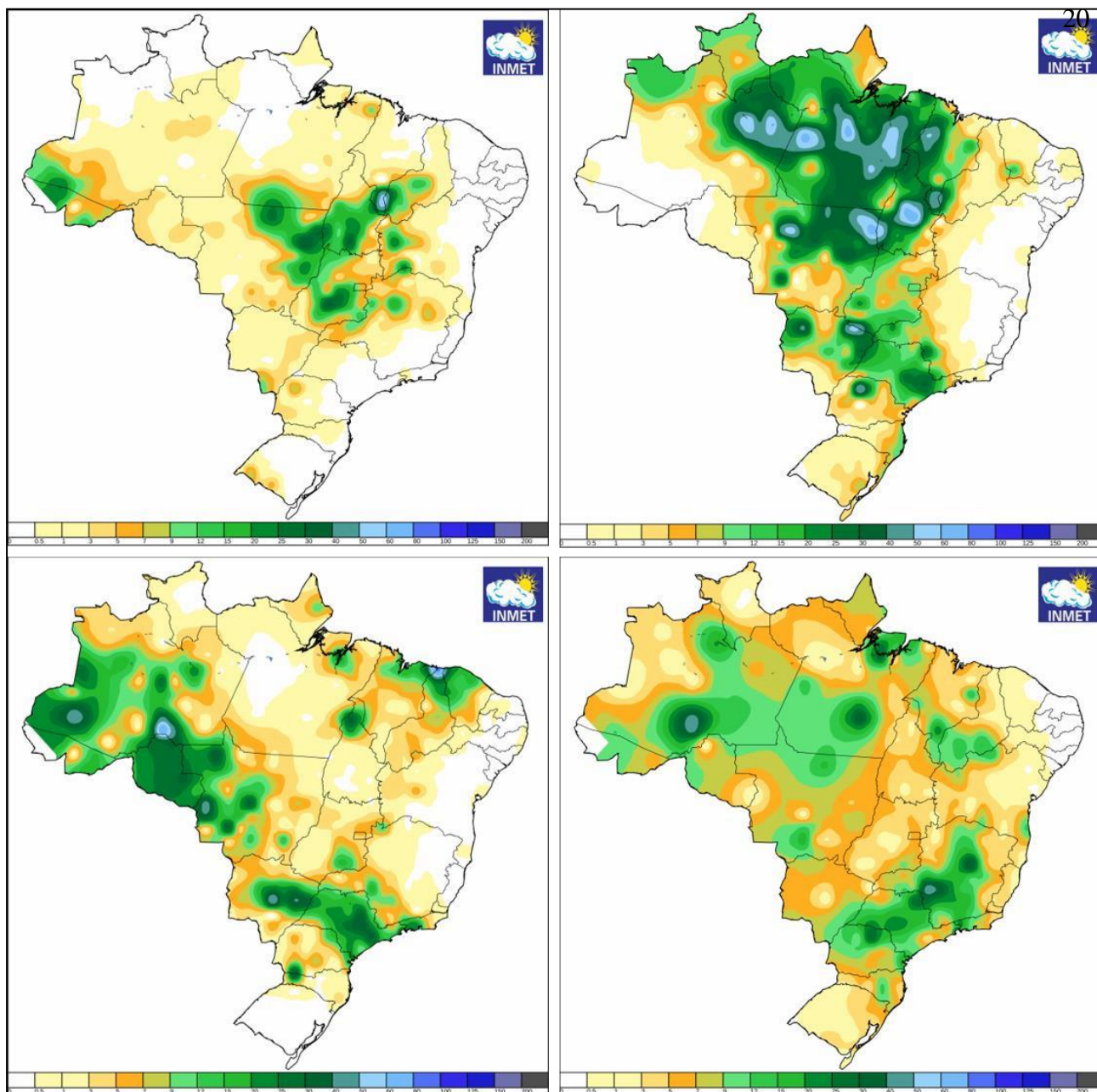


Figura 11- Índices pluviométricos durante os meses de amostragem. i. Índice do dia 07 de dezembro de 2016; ii. Índice do dia 18 de janeiro de 2017; iii. Índice do dia 20 de janeiro de 2017; vi. Índice do dia 3 de fevereiro de 2017.  
 Fonte: (INMET 2017)

Ao relacionar os valores de Proteínas totais com clorofila-*a* e seu subproduto de degradação feofitina-*a* não foi possível observar uma tendência (Figuras 12 e 13). Podendo relacionar a dois fatores, o primeiro que a quantidade de amostras e período de amostragem foram pouco para ter um número maior de dados e comparação entre o período mais chuvoso e período menos chuvoso, e o segundo fator é que a fonte de proteínas do igarapé estudado não apresenta somente a forma vegetal como fonte, podendo ter outras como animais, um exemplo, o zooplâncton.

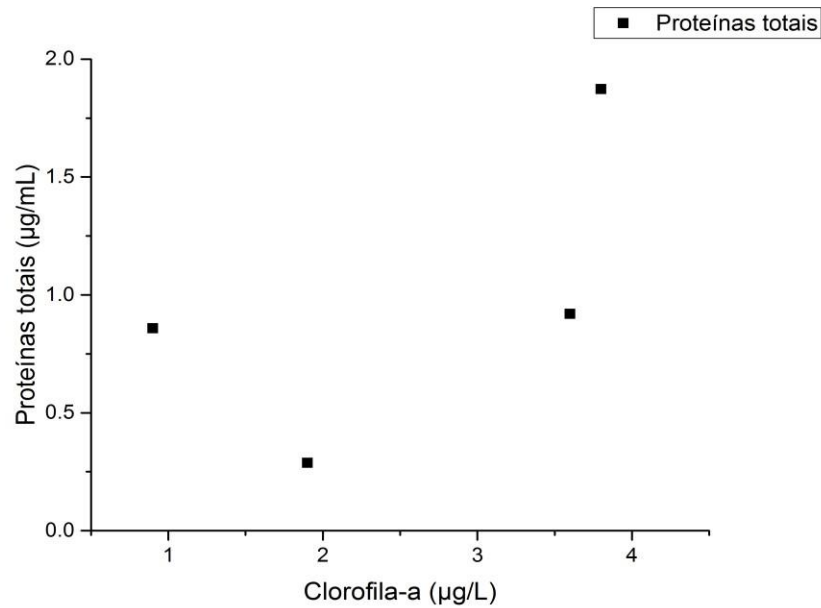


Figura 12- Gráfico de dispersão, concentração de proteínas totais vs clorofila-*a*.

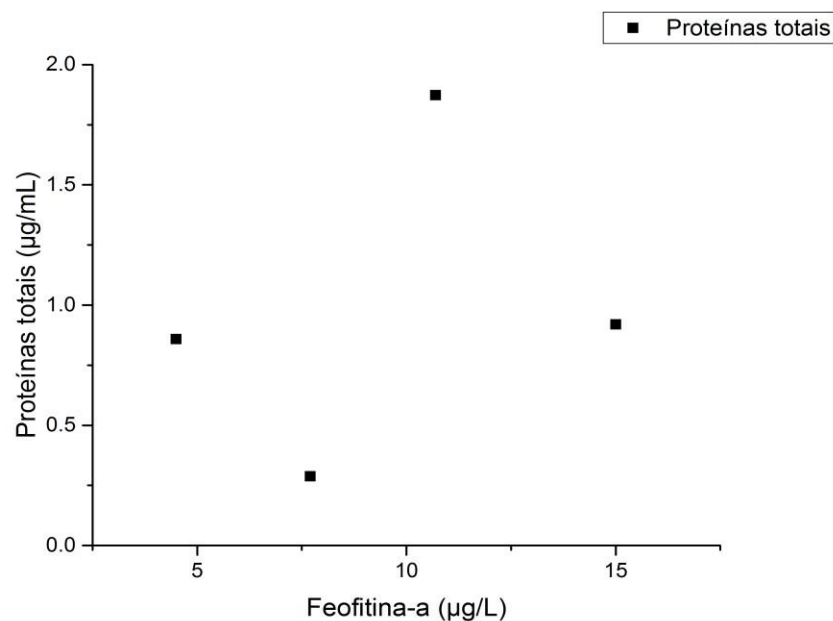


Figura 13- Gráfico de dispersão, concentração de proteínas totais vs feofitina-*a*.

As baixas concentrações de clorofila-*a* podem ser devido à baixa transparência da água, com transparência da água em torno de 0,2 m estudado por Pinheiro (1987) para a região adjacente, condição que não favorece o desenvolvimento fitoplanctônico. Desse modo, o binômio chuvas-material em suspensão é extremamente importante para a região, estando a biomassa primária condicionada a esta conjunção de parâmetros. O maior aporte fluvial gerado pela elevada precipitação pluviométrica, durante os meses de dezembro/abril,

contribuiu intensamente para a diminuição nos índices quantitativos do fitoplâncton (Paiva *et al.* 2006).

Além disso, o aporte fluvial gerado pelas chuvas, a ressuspensão de sedimentos com as alterações de maré e a introdução de esgotos contribuem para a redução de penetração de luz solar no ambiente em questão.

Nos últimos anos, o projeto de macrodrenagem da bacia do Igarapé Tucunduba tem alterado o canal e as margens com a finalidade de melhorar o escoamento das águas pluviais, minimizar os eventos de enchentes e gerar atividades que propiciem a inclusão social (criação de parques e orlas). Os esgotos não tratados, no entanto, continuam sendo o problema que afeta a qualidade do igarapé.

## 6 CONCLUSÃO

Com o intuito de contribuir com os estudos do igarapé Tucunduba, realizou-se um estudo das concentrações de proteínas e compostos clorofilados, para compreender os processos atuantes, a pressão antrópica e a sua relação direta nesse ambiente. Foi possível verificar concentrações relativamente constantes de proteínas totais, que não correlacionaram de forma direta com clorofila-*a*. possivelmente causado pelo despejo de efluentes domésticos, industriais não tratados próximo ao corpo d'água e lixiviados pelas águas da chuva em uma região com altos índices pluviométricos.

Os parâmetros auxiliares, como pH, STD, CE não foram eficazes para um maior entendimento dos processos físico-químicos atuantes na região, onde carece de estudos voltados apenas para a bacia hidrográfica do Tucunduba.

## REFERÊNCIAS

- Ahearn D.S., Sheibley R.W., Dahlgren R.A., Anderson M., Johnson J., Tate K.W. 2005. Land use and land cover influence on water quality in the last free-flowing river draining the Western Sierra Nevada, California. *Journal of Hydrology*, **313**:234–247.
- Arar E.J. 1997. *In vitro determination of chlorophylls a, b, c1 + c2 and pheopigments in marine and freshwater algae by visible spectrophotometry*. Ohio, National Exposure Research Laboratory Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency Cincinnati.
- Balech E. 1977. *Introducción al fitoplancton marino*. Buenos Aires: EUDEBA. 211 p.
- Barbosa M.J.S. *Estudo de caso: Tucunduba: urbanização do igarapé Tucunduba, gestão de rios urbanos – Belém/Pará* Belém: UFPA, 2003. 68 p.
- Bradford M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, **72**: 248-254.
- Brasil. Ministério do Interior. 1974. *Estudos hidrológicos da bacia do Alto Paraguai*. Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS), Rio de Janeiro, v.1, p. 284. (Relatório Técnico).
- Castro L.M., Rocha S.D., Silva L.M., Oliveira T.C.S. 2014. Análise das variações espaciais de indicadores físicos e químicos ao longo do sistema fluvial Madeira/Amazonas. In: COBEQ, 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Química, Florianópolis, Santa Catarina. *Resumos expandidos*.p. 01-07.
- Companhia Ambiental Do Estado De São Paulo (CETESB). 1990. *Normalização técnica NT – L5. 306*. Determinação de pigmentos fotossintetizantes: clorofila – a, b e c e feofitina - a. São Paulo, CETESB.
- Chattopadhyay S., Rani L.A., Sangeetha P.V. 2005. Water quality variations as linked to landuse pattern: a case study in Chalakudy river basin, Kerala. *Current Science*, **89**(12):163–169.
- Clayton R.K. 1974. *Luz y materia viviente: guía para el estudio de la fotobiología*. La parte biológica. Barcelona, Editorial Reverté, 201 p.
- Costa R.M, Leite N.R.L., Pereira C.C. 2009. Distribuição temporal do mesozooplâncton no Furo Muriá, Pará, Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi*. Série Ciências Naturais, **2**(4):149-164.
- Davanso R.C.S., Fulan J.A., Henry R. 2009. A variação nictemeral das variáveis físicas e químicas da água influencia a abundância dos macroinvertebrados aquáticos?. *Revista Brasileira de Biociências*, **2**(7):150-154.
- Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN). 2017. *Previsões de marés (máximas e mínimas diárias)*. Disponível em: <<http://www.mar.mil.br/dhn/chm/box-previsao-mare/tabuas/>>. Acesso em: 11 mai. 2017.

Dring M.J. 1992. *The biology of marine plants*. Cambridge, Cambridge University Press, 200p.

Esteves F.A. 1988. *Fundamentos de limnologia*. Rio de Janeiro, Interciência. 575 p.

Genetics Home Reference. *What are proteins and what do they do?*. 2017. <<https://ghr.nlm.nih.gov/primer/howgeneswork/protein>>. Acesso em: 28 março 2017.

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). *Climatologia de meses e trimestres de maiores e menores temperaturas e pluviosidades médias no período de 1961-2009*. 2017. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/mesTempo>>. Acesso em: 27 março 2017

Jones R.A.; LEE, G.F. 1982. Chlorophyll – a raw water quality parameter. *Journal (American Water Works Association)*, 490-494, Sep.

Lalli C.M., Parsons T.R. 1997. *Biological oceanography: an introduction*. Elsevier Butterworth-Heinemann, 337 p.

Libes S.M. 2009. *Introduction to marine biogeochemistry*. 2<sup>th</sup> ed., Elsevier, 909p.

Lorenzen C.J. & Jeffrey S.W. 1980. *Determination of chlorophyll in seawater*. Washington, Unesco, 20 p. (Technical Papers in Marine Science, 35).

Matos F.C. 2010. *Caracterização qualitativa dos impactos ambientais causados pela ocupação urbana no igarapé do Tucunduba, Belém, PA*. MS Dissertation, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade de Taubaté-SP, 120p.

Matos F.C., Targa M.S., Batista G.T., Dias N.W. 2011. Análise temporal da expansão urbana no entorno do igarapé Tucunduba, Belém, PA, Brasil. *Revista Biociências, UNITAU*, **17**(1):7-16.

Mota S. 1997. *Introdução a engenharia ambiental*. Rio de Janeiro: ABES.

Nascimento F.S. 1995. *Dinâmica da distribuição dos poluentes metálicos e orgânicos nos sedimentos de fundo dos canais de drenagem de Belém*. MS Dissertation, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 127 p.

Nature. 2017. *Protein function*. Disponível em: <<http://www.nature.com/scitable/topicpage/protein-function-14123348>>. Acesso em: 28 março 2017.

Pinheiro R.V.L. 1987. *Estudo hidrodinâmico e sedimentológico do estuário Guajará Belém/PA*. MS Dissertation, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém. 164 p.

- Prefeitura Municipal Belém. 2001. *Plano de Desenvolvimento local Riacho Doce e Pantanal*. Belém.
- Santos M.T.P. 1997. *Avaliação ambiental da matéria orgânica degradada nos canais de drenagem na região metropolitana de Belém (Pará)*. MS Dissertation, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém. 118 p.
- Sliva L., Williams D.D. 2001. Buffer zone versus whole catchment approaches to studying land use impact on river water quality. *Water Research*, **35**(14):3462–3472.
- Targa M.S. 2008. *Hidrologia e manejo de bacias hidrográficas*. Taubaté: UNITAU, 61p. (Apostila).
- Paiva R.S., Eskinazi-Leça E., Passavante J.Z.O., Silva-Cunha M.G.G., Melo N.F.A.C. 2006. Considerações ecológicas sobre o fitoplâncton da baía do Guajará e foz do rio Guamá, Pará, Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*. Ciências Naturais, Belém, **1**(2):133-146.
- Penteadó A.R. 1968. *Belém - estudo de geografia urbana*. Belém, Universidade Federal do Pará, 183p.
- Pereira C.M., Muniz D.H.F., Parron L.M. 2011. *Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água*. Colombo: Embrapa Florestas. 69 p.
- Pineda M.D.; Schäfer A. 1987. Adequação de critérios e métodos de avaliação da qualidade de águas superficiais baseada no estudo ecológico do rio Gravataí, Rio Grande do Sul, Brasil. *Ciência e Cultura*, **39**:198-206.
- Rebouças A.C., Braga B.P.F.; Tundisi J.G. 2002. *Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. São Paulo, Escrituras, 703 p.
- Sioli, H. 1984. *The Amazon: limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin*. [S.l], Dr W. Junk Publishers, 763p.
- Tucci C.E.M.; Genz F. 1995. *Controle do impacto da urbanização*. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 428 p.
- Tucci C.E.M. 1997. Plano diretor de drenagem urbana: princípios e concepção. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, **2**(2):5-12.
- Varela R., Massa I. 1981. Concentracion de clorofila a, feopigmentos y materia en suspension en laguna de raya, Isla de Margarita, Venezuela. *Estación de Investigaciones Marinas de Margarita*, **105**:1-64.
- Walter H., Lieth H. *Klimadiagramm-weltatlas*. Germany, Jena: Pustl. Gustav Fischer. 1967.
- Wilks D.S. 2006. *Statistical methods in the atmospheric sciences*. San Diego: Elsevier Science & Technology Books.

**APÊNDICE**

### APÊNDICE A – DADOS DE FILTRAGEM

Filtro	Filtro vazio	Filtro com amostra	Volume filtrado (mL)	Data amostragem
1	1	1.6113	300	07/12/2016
2	1	1.6859	300	07/12/2016
3	1	1.6836	300	07/12/2016
4	0.0879	0.5350	250	18/01/2017
5	0.0879	0.5668	250	18/01/2017
6	0.0879	0.6317	250	18/01/2017
7	0.0879	0.6075	250	18/01/2017
8	0.0879	0.5615	250	18/01/2017
9	0.0879	0.6509	250	18/01/2017
10	0.0879	0.5606	250	18/01/2017
11	0.0879	0.6886	250	18/01/2017
12	0.0879	0.5702	250	18/01/2017
13	0.0890	0.5560	250	20/01/2017
14	0.0890	0.5540	250	20/01/2017
15	0.0926	0.6667	250	20/01/2017
16	0.0899	0.5980	250	20/01/2017
17	0.0880	0.5483	250	20/01/2017
18	0.0877	0.5797	250	20/01/2017
19	0.0892	0.5871	250	20/01/2017
20	0.0920	0.5620	250	20/01/2017
21	0.0920	0.5936	250	20/01/2017
22	0.0880	0.4994	250	03/02/2017
23	0.0872	0.5461	250	03/02/2017
24	0.0889	0.5667	200	03/02/2017
25	0.0901	0.5735	200	03/02/2017
26	0.0540	0.5767	200	03/02/2017
27	0.0883	0.6202	200	03/02/2017
28	0.0928	0.5811	200	03/02/2017
29	0.0903	0.5582	200	03/02/2017
30	0.0878	0.5512	200	03/02/2017

Fonte: Da autora