

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS
CENTRO DE ESTUDOS SUPERIORES DE TABATINGA
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

ESTUDO DO POTENCIAL DE *Pistia stratiotes* (L). COMO BIOINDICADOR DE QUALIDADE DA ÁGUA, ATRAVÉS DE ANÁLISE FÍSICO/QUÍMICA NO IGARAPÉ DO BRILHANTE EM TABATINGA/AM.

Tabatinga/AM

2021

KELLER MAURÍCIO DOS SANTOS LUCAS

ESTUDO DO POTENCIAL DE *Pistia stratiotes* (L). COMO BIOINDICADOR DE QUALIDADE DA ÁGUA, ATRAVÉS DE ANÁLISE FÍSICO/QUÍMICA NO IGARAPÉ DO BRILHANTE EM TABATINGA/AM.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Estudos Superiores de Tabatinga, da Universidade do Estado do Amazona (CESTB/UEA), como requisito parcial para obtenção do grau de Licenciatura em Ciências Biológicas.

Orientadora Prof.^a. Dra. Maria del Pilar Diaz de Garcia.

Tabatinga/AM

2021

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha mãe, professora Jonerly meu espelho de vida, e aos meus avós Dona Marizete e Seu Agenor que sempre estiveram do meu lado nos momentos difíceis, me ajudaram a enfrentar as diversas situações na corrida acadêmica sempre me influenciando a prosseguir e a lutar. Serei eternamente grato a vocês! Obrigado!

AGRADECIMENTOS

Ofereço aqui meus agradecimentos a todos os meus familiares que estiveram comigo nos anos de faculdade. Os que direta e indiretamente me influenciaram a ser melhor e justo. Aos esquecidos e lembrados todos serão obra do que me tornei hoje.

Agradeço a Deus pelo dom da vida e da saúde, pois sem a força e coragem dada por ele não chegaria onde cheguei.

Agradeço também aos meus avós Dona Marizete e Seu Agenor por tudo o que representam para mim. A minha heroína mãe, professora Jonerly minha fortaleza e espelho de vida para o futuro, que nunca me abandonou na minha caminhada universitária. Espero poder dar mais orgulho para a senhora no futuro!

Deixo aqui também meus agradecimentos a meu Pai, professor Fátimo José pela ajuda financeira oferecida nos tempos de dificuldades.

Quero agradecer também ao meu primo Ralison e seu marido Armando por me acolherem nos momentos iniciais de minha caminhada da universidade, os primeiros que me estenderam a mão. Quero imensamente agradecer também a Dona Rosário por também me acolher em sua residência e não deixar de me faltar com alimento e moradia.

Agradeço também aos meus professores por ofertar vários conhecimentos ao longo da caminhada do curso. Principalmente, quero deixar meu muito obrigado a minha Orientadora, Professora Dr^a. Maria del Pilar Diaz de Garcia pelo apoio, profissionalismo e ajuda ofertado no momento de construção do presente projeto.

E finalmente deixo aqui também meus humildes agradecimentos a Universidade do Estado do Amazonas e aos meus amigos Maiara, Valdenor, Luciana, que desde o início, unidos sempre, estávamos nos influenciando a ser melhor, como uma real definição de irmandade. Quero deixar também meus agradecimentos a Laíz minha estrela guia que sempre me fortaleceu em momentos de angústia.

Meu muito obrigado a todos!

RESUMO

O termo bioindicadores é amplamente usado em estudos de impactos ambientais. Pode ser usado também para estudar a qualidade de ambientes naturais, em função da proliferação e crescimento de organismos. Nesse âmbito, macrófitas aquáticas exercem função bastante importante no papel de acumulação de diversas substâncias, por serem bastante sensíveis a mudanças fisiológicas no ambiente aquático. O presente trabalho teve como objetivo analisar o potencial de *Pistia stratiotes* (L.) como bioindicador de qualidade da água com auxílio de parâmetros físico/química no igarapé do Brilhante no Município de Tabatinga/AM e compará-los à autores e bibliografias existentes na área. Primeiramente, foi feita a identificação dos exemplares de *P. stratiotes*, assim como as análises físico/químicas da água do igarapé durante um período completo (vazante e cheia) tendo principalmente como base a resolução CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005, Esteves (2011), Von Sperling (2007), Tundisi & Tundisi (2008) entre outros. Como análise final, foi possível avaliar se as variáveis estudadas influenciam ou prejudicam o crescimento populacional de *P. stratiotes*. Os resultados obtidos mostram que várias das variáveis podem estar agindo em poder influenciador do crescimento e outras no declínio de população de *P. stratiotes* no igarapé do Brilhante. Isso pode ser observado na capacidade da planta em aumentar sua população na presença de índices maiores de temperatura e de NH_3 , assim como na diminuição nos déficits de substâncias como: OD e CO_2 . Ou também de não sofrer influência visível na presença ou ausência de NO_2^- e NO_3^- .

Palavras-chave: Bioindicador; Igarapé; *Pistia stratiotes*.

RESUMEN

El término bioindicadores es ampliamente utilizado en los estudios de impactos ambientales. También se puede utilizar para estudiar la calidad de los ambientes naturales, debido a la proliferación y crecimiento de organismos. En este contexto, las macrófitas acuáticas são importante en el papel de la acumulación de diversas sustancias, porque son muy sensibles, a los cambios fisiológicos en el medio ambiente acuático. Este trabajo tuvo como objetivo, analizar el potencial de *Pistia stratiotes* (L.) como bioindicador de la calidad del agua a través de parámetros físicos / químicos en la quebrada Brilhante en el municipio de Tabatinga / AM, comparándolos con los autores y bibliografía especializada. Inicialmente, se identificaron los especímenes de *P. stratiotes*, así como los análisis físicos / químicos del agua de la quebrada durante un periodo completo (vacante y creciente), principalmente basado en la resolución de CONAMA. 357, del 17 de marzo de 2005, Esteves (2011), Von Sperling (2007), Tundisi & Tundisi (2008), entre otros. Como análisis final, fue posible evaluar si las variables estudiadas influyen o perjudican el crecimiento de la población de *P. stratiotes*. Los resultados obtenidos muestran que varias de las variables pueden influenciar en el crecimiento así como en el declive de la población de *P. stratiotes*. Esto se puede observar en la capacidad de la planta para aumentar su población en presencia de una temperatura mayor e índices de NH-3, así como la disminución de algunas sustancias, como: OD y CO₂, así como también no sufrir ninguna influencia notable en presencia o ausencia de NO₂⁻ e NO₃⁻.

Palabras-clave: Bioindicador; Quebrada; *Pistia stratiotes*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01. Formas biotipológicas das macrófitas aquáticas baseados em.....	18
Figura 02. Imagem satélite de Área de estudo da realização do trabalho, em Tabatinga/AM.....	21
Figura 03. Coleta na época de seca no igarapé do Brilhante/AM.....	22
Figura 04. Coleta na época de cheia no igarapé do Brilhante/AM.....	22
Figura 05. Disco de Sech, modelo Alfakit.....	23
Figura 06. Oxímetro modelo Pro HOD.....	24
Figura 07. <i>PHmetro</i> modelo <i>Lucadema de pH – LUCA – 210</i>	24
Figura 08. <i>Microprocessador Conductivity Meter DOS-120W</i>	25
Figura 09. Reagente 1# (esquerda) e Reagente 2# (direita) para Amônia (NH_3).....	25
Figura 10. Reagentes 1# e 2# respectivamente para Nitrato (NO_3^-).....	26
Figura 11. Reagente para Nitrito (NO_2^-).....	26
Figura 12. Tabela Freshwater Master Test Kit para Amônia.....	27
Figura 13. (A) vista frontal e (B) vista superior <i>P. stratiotes</i>	28
Figura 14. Tecido de reserva aerífero em <i>P. stratiotes</i> que possibilita sua flutuação na água....	29
Figura 15. Comunidade de <i>P. stratiotes</i> no igarapé do Brilhante no período de cheia (quase impossível a visualização da lâmina de água).....	36

LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 01. Biotipos e utilização de bioindicadores ambientais.....	17
Gráfico 01. Variáveis hidrológica do Rio Solimões em 2019.....	30
Gráfico 02: Média de temperatura na Seca e na Cheia no igarapé do Brilhante em Tabatinga/AM.....	32
Gráfico 03: Variação de Oxigênio Dissolvido (OD) na Seca e Cheia no igarapé do Brilhante em Tabatinga/AM.....	33
Tabela 01. Classificação dos rios com base nas características de descarga, área de drenagem e largura.....	13
Tabela 02. Função fisiológica das macrófitas aquáticas.....	16
Tabela 03. Variáveis químicas e físicas do igarapé do Brilhante em tempo de seca em diferentes horas do dia 27/09/2019.....	31
Tabela 04. Variáveis químicas e físicas do igarapé do Brilhante em tempo de cheia em diferentes horas do dia 20/02/2020.....	31
Fluxograma 01. Balanço do Inter-relação de pH e Gás Carbônico.....	37

SÚMARIO

INTRODUÇÃO.....	10
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 BACIA E HIDROGRAFIA DA AMAZÔNIA.....	13
2.2 MACRÓFITAS AQUÁTICAS.....	15
2.3 FUNÇÕES FISIOLÓGICAS DAS MACRÓFITAS AQUÁTICAS.....	16
2.4 DIVERSIDADE E CLASSIFICAÇÕES DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS.....	17
2.5 CARACTERÍSTICAS DE <i>Pistia stratiotes</i> (L.).....	18
3. OBJETIVOS	20
4. METODOLOGIA.....	20
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	20
3.2 COLETA E IDENTIFICAÇÃO DAS MACRÓFITAS.....	22
3.3 ANÁLISE DA ÁGUA.....	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
5.1 IDENTIFICAÇÃO E DESCRIÇÃO DA MACRÓFITA AQUÁTICA.....	28
5.2 ANÁLISE DE ÁGUA.....	29
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40
ANEXOS.....	40

INTRODUÇÃO

As macrófitas aquáticas são consideradas como toda a vegetação visível a olho nu, independente da classificação taxonômica, que ocorrem desde brejos até ambientes verdadeiramente aquáticos. Desempenham importante papel no ecossistema, constituindo a base da cadeia trófica, participando diretamente na ciclagem de nutrientes (ESTEVES, 2011).

De acordo com (ESTEVES, 2011), o IBP (Programa Internacional de Biologia) macrófitas aquáticas é a denominação mais adequada para caracterizar vegetais que habitam diversos tipos de ambientes aquáticos. Em outras palavras, o termo macrófitas aquáticas se refere a um grupo diverso de organismos fotossintéticos grandes o suficiente para serem visíveis a olho nu, cujas partes vegetais crescem ativamente tanto permanentemente como periodicamente.

Nesse âmbito, macrófitas aquáticas exercem função no equilíbrio físico e químico de corpos d'água, por serem bastante sensíveis a mudanças fisiológicas no ambiente aquático. Um desses mecanismos das macrófitas é a biorremediação, ou seja, organismos vivos que ocorrem naturalmente que degradam ou reduzem as substâncias perigosas para a saúde humana e/ou para o ambiente (DEMARCO, 2016). Outro mecanismo de identificação de desequilíbrio hídrico fisiológico são os bioindicadores, espécies utilizadas para indicar a qualidade de um ambiente e de mudanças sofridas por ele ao longo do tempo (HEGEL & MELO, 2016).

Os organismos vivos ou comunidades que reagem a alterações ambientais naturais ou antropogênicas e que por estresse modificam suas funções vitais ou sua composição química em resposta metabólica pela acumulação de substâncias presentes em determinado ambiente, conhecido como bioindicadores (BAGLIANO, 2012). Bioindicadores são utilizados para recuperação de ambientes antropisados, fator esse responsável por consequências desastrosas no ambiente devido ao aumento exagerado na oferta de nutrientes, a proliferação indesejável e aceleração na produtividade de populações de macrófitas aquáticas (XAVIER *et al.*, 2013).

Em muitos ecossistemas aquáticos, o aumento da poluição pode ser bastante acentuada, muito mais para rios, lagos e igarapés próximos a cidades (BAGLIANO, 2012). Atualmente, o uso de bioindicadores permite, verificação de ambientes propícios para a reprodução de algumas espécies ou de existência de poluição como detectar um determinado poluente ou mistura de poluentes rapidamente, viabilizam a avaliação de efeitos sinérgicos e aditivos e detecção de estresse crônico por níveis baixos de poluição atuando por períodos prolongados.

Além disso, existem também diversos tipos de bioindicadores, e os mais comuns são: (1) espécies “sentinelas”, introduzidas para indicar; (2) espécies “detectoras”, que ocorrem naturalmente e respondem ao estresse de forma mensurável; (3) espécies “exploradoras” que reagem positivamente ao distúrbio ou agentes estressores; (4) espécies “acumuladoras” que acumulam agentes estressores permitindo avaliar a bioacumulação e (5) espécies de “bioensaio” que são usadas em experimentação (ALMEIDA, 2009).

Dessa forma, por serem bastante sensíveis a mudanças fisiológicas em corpos de águas, os vegetais são bastante utilizados para avaliação de impactos ambientais (BAGLIANO, 2012). Algumas macrófitas aquáticas reagem tanto positivamente quanto negativamente a ambientes antropizados, como é o caso de exemplares da família Araceae.

Gêneros dessa família são bastante usadas para ornamentações, como a “costela-de-adão” (*Monstera deliciosa* Liebm.), uma vez que, suas folhas exuberantemente grandes e fenestradas dão aparência plausível e chamativa em casas e jardins. Outros gêneros são usados para alimentação humana, o caso da *Colocasia esculenta* (L.) Schott. muito consumida em regiões tropicais no mundo. (DA SILVA, 2007). Algumas são potenciais agentes anti-inflamatórios, a exemplo da *Anthurium cerracampanense* Croat. (DA SILVA, 2007).

Outros gêneros, pela presença de ráfides de oxalato de cálcio em suas as folhas, possibilitam que algumas espécies sejam potencialmente venenosas, a exemplo de *Dieffenbachia amoena*, a vulgar “comigo-ninguém-pode”. Intoxicações letais em crianças têm sido reportadas principalmente por terem comido parte da espata ou espádice de *Zantedeschia aethiopica* (L.) Spreng (LADEIRA et al., 1995 apud DA SILVA, 2007).

No Brasil a família está representada por 36 gêneros e estima-se cerca de 450 espécies (SOUZA & LORENZI, 2012). Embora seja um grupo bastante grande e intensamente distribuído na região do país, poucos são os estudos sobre a família Araceae, a maior riqueza está concentrada no Amazonas, tanto em número de gêneros quanto de espécies, estima-se que haja cerca de 20 gêneros representadas por 120 espécies (DA SILVA, 2007).

Um desses gêneros é o *Pistia*, que possui apenas uma única espécie *P. stratiotes*. No Amazonas é bastante frequente ocorrendo em rios, lagos e igarapés. Com a capacidade da rápida proliferação por meio da reprodução vegetativa, através de estalões, por muito tempo foi considerada em várias localidades uma praga indesejada (COELHO, 2017).

A macrofita aquática *P. stratiotes* é uma planta que apresenta rápido desenvolvimento e tem sido utilizada para a remoção de substâncias tóxicas, além de metais pesados presentes na água através da bioacumulação (CRUZ, 2009). Porém pouco se sabe sobre o potencial de *Pistia*, além de existirem poucos estudos com relação a bioindicadores desse tipo, mediante a

isso, existe uma grande motivação para se estudar o potencial de *P. stratiotes* em relação a sua proliferação através de parâmetros físico/químicos no Igarapé do Brilhante, região de Tabatinga/AM.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Bacia e Hidrografia da Amazônia

A região amazônica como resultante da história geológica e do clima, abriga o sistema fluvial mais extenso e de maior massa líquida da Terra, sendo coberta pela maior floresta pluvial tropical, é delimitada ao norte e ao sul, respectivamente, pelos maciços das Guianas e do Brasil Central; a oeste, pela jovem Cordilheira dos Andes (SIOLI, 1985). Suas águas têm quase pH neutro e concentrações relativamente altas de dissolvido sólidos (principalmente metais alcalino-terrosos e carbonatos) (JUNK, et al., 2011).

Os rios podem ser definidos como um amplo corpo de água em movimento, confinado em um canal, e o termo é usado geralmente para indicar o principal tronco do sistema de drenagem. Suas margens têm sido o centro preferido da habitação humana, e o suprimento de suas águas não só fertiliza os campos para o cultivo, como também fornece energia e permite a recreação (CUNHA & GUERRA, 2003).

Os rios de águas brancas apresentam cor de barro, com transparência 0,10 a 0,50m, com carga sedimentar muito alta, possui pH neutro entre 6,5 a 7 e condutividade elétrica alta de 60-80 uS. Os rios de águas claras apresentam cor verde a verde-oliva, com transparência de 1,10 a 4,5m, tem pH variante entre 4,5 a 7 e condutividade entre 6 a 50 uS. Os rios de águas pretas apresentam cor amarronzada a café, com transparência entre 1,30 a 2,9m, são águas pobres em minerais e em transporte de sedimentos, suas águas são ácidas com pH entre 3 e 5 com condutividade relativamente baixa de 8-20 uS (SIOLI, 1985).

Os rios distinguem-se dos lagos, áreas alagadas, represas e tanques (sistemas lênticos) por duas características principais: a primeira é o permanente movimento horizontal das correntes e a segunda é a interação com sua bacia hidrográfica, da qual há uma permanente contribuição de material alóctone – principalmente matéria orgânica de origem terrestres (TUNDISI & TUNDISI, 2008) A Tabela 01 mostra uma classificação dos rios com base nas várias características de tamanho e descarga.

Tabela 01. Classificação dos rios com base nas características de descarga, área de drenagem e largura

TAMANHO DO RIO	DESCARGA MÉDIA ($m^3.s^{-1}$)	ÁREA DE DRENAGEM (km^2)	LARGURA DO RIO (m)	ORDEM DO RIO
Rios muito grandes	> 10.000	> 10^6	> 1.500	> 10
Grandes rios	1.000 – 10.000	100.000 – 10^6	800 – 1.500	7 – 11
Rios	100 – 1.000	10.000 – 100.000	200 – 800	6 – 9
Pequenos rios	10 – 100	1.000 – 10.000	40 – 200	4 – 7
Riachos	1 – 10	100 – 1.000	8 – 40	3 – 6
Pequenos riachos	0,1 – 1,0	10 – 100	1 – 8	2 – 5
Pequenos rios de nascente	< 0,1	< 10	< 1	1 – 3

Fonte: Tundisi & Tundisi, 2008.

Para Tundisi e Tundisi (2008) os grandes rios têm uma enorme importância econômica, ecológica e social. O rio Amazonas com sua descarga de mais de 202.000 m^3/s e precipitação anual de 493.191 m^3/s são ecossistemas de alta biodiversidade e fontes de alimentação para milhões de pessoas. Além disso, proporcionam transporte por meio da navegação e estimulam as economias local e regional. Os grandes sistemas de rios são áreas de extrema importância evolutiva (MARGALEF, 1983), uma vez que esses sistemas são centros ativos de evolução, promovendo a biodiversidade com o dinamismo de suas características físico-químicas, hidrológicas e geomorfológicas.

Em seu principal, o rio Amazonas drena quase 7 milhões de quilômetros quadrados de terras, submetidas a uma precipitação média de cerca de 2.500 mm por ano. É, por larga margem, o de maior massa líquida, com uma vazão anual média de aproximadamente 200.000 $m^3/seg.$, superando os rios do Congo quatro vezes e do Mississippi dez vezes. (SIOLI, 1985). Produzindo 16% da drenagem mundial, sendo 27% de toda a drenagem dos rios representada pelo Amazonas, Ganges-Brahmaputra, Congo, Lantze e Orinoco (TUNDISI & TUNDISI, 2008). Também abriga em suas margens ou equidistantes delas, em igarapés e em lagos, cerca de 160 tribos, e aproximadamente 119mil indígenas (BERNAL, 2009).

De acordo a diferenças morfológicas, químicas e biológicas Sioli (1985) usou a primeira classificação científica na região amazônica de três grandes sistemas: água branca, com grande quantidade de sedimentos, rica em nutrientes, pouca transparência e pH quase neutro; águas pretas, com coloração escura, poucos nutrientes e pH ligeiramente ácido e águas claras com alta transparência, pouca fertilidade e pH ligeiramente ácido.

A água branca do rio Solimões – Amazonas é relativamente rica em sais minerais e nutrientes, com a enchente dos rios, essas águas entram em paranás, igarapés e lagos de várzea cobrindo-os completamente durante a cheia (FABRÉ, VIERIA E ALONSO, 2003). Rios de águas brancas depositam seus sedimentos em grandes planícies aluviais de orla que são chamadas localmente de várzeas (JUNK *et al.*, 2011). Enquanto o solo de várzea contém uma alta capacidade de intercambio de íons (illita e montmorilonita) os solos da terra firme são compostos principalmente de material arenoso e caolínítico que é de baixa fertilidade (JUNK & FURCH, 1980).

Os igarapés são corpos d'água de pequeno porte caracterizados pelo leito delimitado, correnteza relativamente acentuada, água com temperatura baixa e pouco variável ao longo do ano (cerca de 26° C), cursos médios e superiores totalmente encobertos pelo dossel da floresta de terra firme (GOCH, 2007). O regime hidrológico dos igarapés é regido, em parte, pelas condições pluviométricas da região, em períodos de chuva, apresentam-se com um volume de água relativamente grande, enquanto que no período da seca, muitos chegam, inclusive, a desaparecer (JUNK, 1980). Porém, também são sensíveis à precipitação local, sofrendo variações significativas de vazão com cada evento de chuva (GOCH, 2007).

Os rios são submetidos permanentemente aos impactos das atividades humanas, que têm vários níveis de magnitude, desde a construção de canais e o desmatamento das muitas galerias até a descarga de metais pesados, herbicidas, pesticidas e de um grande número de substâncias orgânicas que se dissolvem na água (TUNDISI, TUNDISI, 2011).

2.2 Macrófitas aquáticas

Weaver & Clement (1938) foram os primeiros pesquisadores a definirem a comunidade de macrófitas aquáticas, como um conjunto ou grupo de espécies vegetais que se desenvolvem na água ou em solos húmidos. Tundisi & Tundisi (2008) afirmam que as macrófitas aquáticas representam um grande grupo de organismos, tendo como referência algas taloides, musgos e hepáticas, filicíneas, coníferas e plantas com flores que crescem em águas interiores e águas salobras, estuários e águas costeiras. Para Cook *et al.*, (1974) as plantas aquáticas vasculares ou macrófitas aquáticas são plantas "cujas partes fotos sinteticamente ativas estão permanentemente ou por alguns meses em cada ano submersas em água ou flutuantes em sua superfície".

A definição do termo macrófitas aquáticas não é consensual, gerando discussão desde o início de estudos desses organismos. De qualquer forma, essas plantas agrupam-se em

comunidades que foram negligenciadas no início dos estudos limnológicos, que priorizavam as comunidades planctônicas (ESTEVEES, 2011). Essa visão passou a se alterar quando passou a se reconhecer que a maioria dos ecossistemas aquáticos é rasa e, assim, a contribuição das macrófitas aquáticas para a sua estrutura e funcionamento é mais importante do que a comunidade fitoplanctônica (WETZEL, 2001).

Pois até então, a grande maioria das pesquisas sobre macrófitas aquáticas até a década de 1960 empregava um enfoque taxonômico, os termos então utilizados para caracterizar esses vegetais não eram os mais adequados do ponto de vista ecológico (ESTEVEES, 2011). O número de trabalhos publicados enfocando macrófitas aquáticas cresceu rapidamente após a década de 80. A consolidação dos cursos de pós-graduação em ecologia no Brasil, muitos dos quais com ênfase nos estudos de ecossistemas aquáticos continentais, pode ser uma explicação para esse crescimento (THOMAZ & BINI, 2003).

De modo geral, as macrófitas estão adaptadas a intensidades luminosas mais elevadas e sua distribuição e abundância dependem da quantidade de luz (TUNDISI & TUNDISI, 2008).

As macrófitas apresentam grande capacidade de adaptação e grande amplitude ecológica. Este fato possibilita que a mesma espécie colonize os mais diferentes tipos de ambientes, o que facilita a sua ampla distribuição geográfica, sendo considerada de um modo geral cosmopolita. Somente alguns gêneros, e algumas famílias, têm distribuição mais restrita (TRINDADE *et al.* 2010). Há macrófitas em todos os lagos, com exceção de alguns muito salinos ou daqueles em que elas foram destruídas pela poluição (TUNDISI & TUNDISI, 2008).

Nessa definição, pode se incluir, também, os ecossistemas naturais e artificiais, denominados áreas de pântano, vazantes, corixos, turfeiras, brejos, brejos costeiros, manguezais, marismas, banhados doces e salinos, camalotes, tapetes, veredas, campos úmidos, campos alagáveis, comunidades alagáveis, campos de várzea, várzeas, igapós, igarapés, lagos, lagoas, lagoas de meandro, lagoas alcalinas, lagoas costeiras [...] etc. (THOMAZ & BINI, 2003).

O ciclo de vida das macrófitas aquáticas é relativamente rápido. A estratégia de reprodução inclui, em alguns casos, tanto a reprodução sexuada quanto assexuada, permitindo maior êxito no crescimento e propagação. A variação do crescimento depende das condições climáticas, concentrações de nutriente, espaço livre entre as plantas e condições de mistura e turbulência. Nos sistemas lênticos das regiões tropicais, frequentemente as macrófitas aquáticas encontram condições favoráveis para o desenvolvimento o ano todo (ESTEVEES, 1998).

2.3 Funções Fisiológicas das Macrófitas aquáticas

De maneira geral, algumas espécies de macrófitas aquáticas são sensíveis a determinando ambiente que estão inseridas, reagindo assim de maneiras diferentes. A sensibilidade de uma comunidade de organismos aquáticos, ou de populações de diferentes espécies, constitui-se em um indicador fundamental das condições ambientais (LOEB, 1994 Apud TUNDISI & TUNDISI, 2008).

Como o nome sugere, bioindicadores são indicadores biológicos da qualidade de um ambiente e de mudanças sofridas por ele ao longo do tempo, sejam elas antropogênicas ou naturais. Sua principal aplicação, no entanto, é medir os impactos das atividades humanas nos ecossistemas. Podem servir como bioindicadores processos que ocorrem dentro de um indivíduo, espécies individualmente ou até mesmo comunidades inteiras (PEREIRA *et al.*, 2013).

Uma das técnicas mais estudadas hoje em dia para a aplicação de bioindicadores é a biorremediação. A biorremediação está entre essas novas tecnologias e pode ser definida como a combinação de processos biotecnológicos avançados com a engenharia ambiental e é aplicada para solucionar ou atenuar os problemas ocasionados pela contaminação do ambiente (AQUINO, 2012). Uma ampla variedade de técnicas de biorremediação foram desenvolvidas nos últimos anos (LYNCH & MOFFAT, 2005) e algumas delas estão descritas na tabela 02.

Tabela 02. Função fisiológica de Biorremediação das macrófitas aquáticas

MÉTODO	PRINCÍPIO
Atenuação natural	Processo passivo no qual os microrganismos autóctones (natural da região) transformam os contaminantes alvos em produtos finais inócuos;
Biorremediação acelerada	Técnicas para estimular a degradação dos contaminantes alvos, como adição de oxidantes, substrato, nutrientes inorgânicos, microrganismos específicos, etc.
Bioestimulação	Fornecer nutrientes às populações de microrganismos autóctones, aumentando sua população, promovendo o crescimento e conseqüentemente o aumento da atividade metabólica na degradação de contaminantes.
Biolixiviação	Microrganismos específicos como Thiobacillus ferrooxidans e T. thiooxidans promovem a solubilização de metais.
Bioaumentação	Introduz misturas específicas de microrganismos em um ambiente contaminado ou em um biorreator para iniciar o processo da biorremediação.
Compostagem	Decomposição aeróbia de contaminantes orgânicos pelo uso de microrganismos termofílicos.

 Fitorremediação

 Uso de plantas para degradar, extrair, conter ou
 imobilizar contaminantes da água e do solo.

Fonte: Adaptado de Lynch & Moffat 2005.

De forma geral, bons bioindicadores devem possuir boa capacidade de fornecer resposta mensurável e que reflita a resposta geral da população, bem como de responder ao grau de perturbação de forma proporcional. Além disso, deve ser abundante e comum, além de bem estudado (PEREIRA *et al.*, 2013). Desse modo, Holt (2010) separa os bioindicadores de acordo com os objetivos de cada projeto (Quadro 01):

Quadro 01. Biótipos e utilização de bioindicadores ambientais.

a) Indicadores ou bioindicadores ambientais;	b) Indicadores ou bioindicadores ecológicos;	c) Indicadores ou bioindicadores de biodiversidade.
São considerados indicadores ou bioindicadores ambientais espécies ou conjunto delas com capacidade de reagirem aos distúrbios ambientais, incluindo as alterações no ambiente.	Um indicador ou bioindicador ecológico pode ser representado por uma espécie, um conjunto de espécies ou determinado táxon que se mostra sensível aos processos ocorridos no ambiente.	São considerados indicadores ou bioindicadores de biodiversidade um grupo de taxa, representado por gênero, tribo, família ou ordem; ou mesmo um grupo de espécies considerado medida da diversidade de um grupo mais amplo no ambiente.

Fonte: Adaptado de Holt (2010)

O monitoramento biológico e a avaliação dos fatores de estresse que atingem os organismos, populações e comunidades são componentes essenciais na avaliação e no prognóstico das respostas desses organismos a efeitos de alterações físicas, químicas e biológicas. (TUNDISI & TUNDISI, 2008)

2.4 Diversidade e classificações de Macrófitas Aquáticas

O tamanho das macrófitas aquáticas varia enormemente: desde as minúsculas *Wolffia* spp., uma das menores angiospermas do mundo, com apenas 0,5mm, até a gigante *Victoria amazonica*, cuja folha atinge 2,5m de diâmetro (CHAMBERS *et al.*, 2008 apud ESTEVES, 2011).

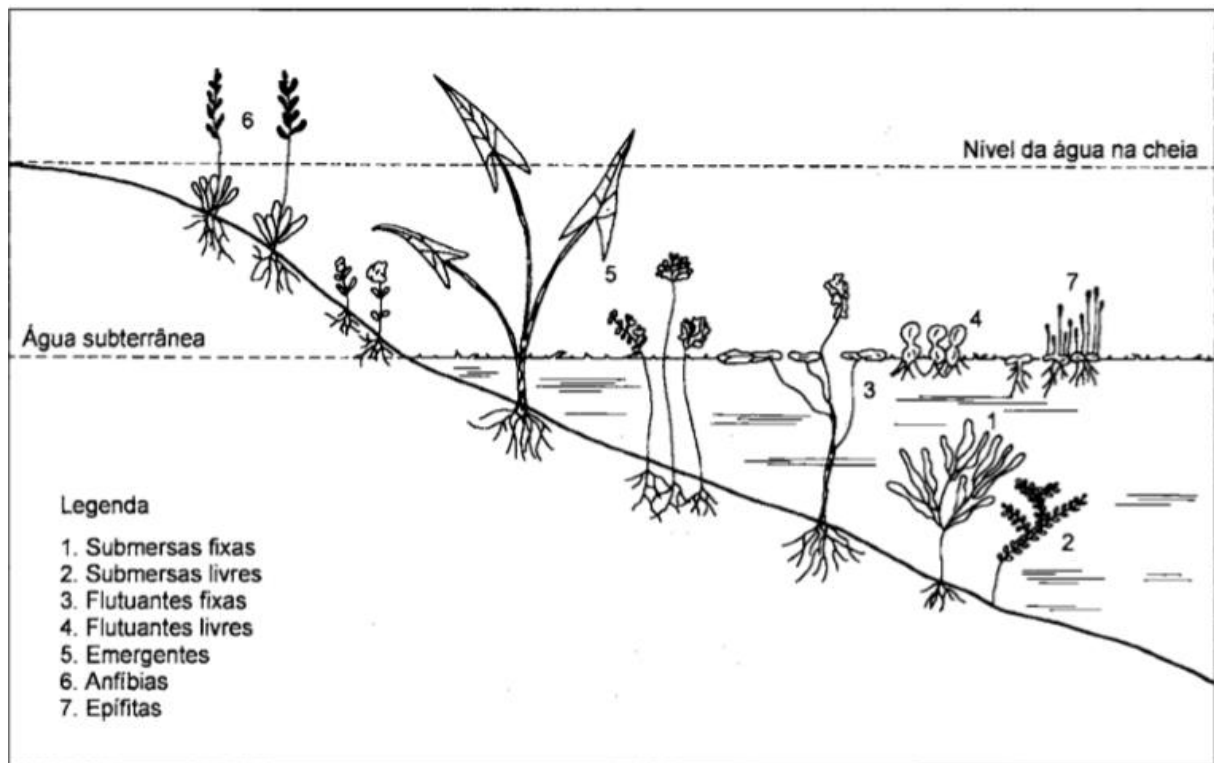
De certa forma, o termo macrófitas aquáticas passou a ser utilizado principalmente pelos ecólogos, para diferenciar produtores macroscópicos dos microscópicos (fitoplâncton). Exatamente pelo seu enfoque ecológico, mas não taxonômico, o termo macrofita aquática inclui vegetais de diferentes grupos, desde as macroalgas (os gêneros *Chara* e *Nitella*), passando por briófitas (gêneros *Fontinalis* e *Ricciocarpus*), pteridófitas (os gêneros *Salvinia* e *Azolla*) até vegetais superiores, em especial as angiospermas (*Eichhornia* e *Typha*), que contribuem com a maioria das espécies (ESTEVES, 2011).

Junk & Furch (1980), realizaram uma amostragem de macrófitas aquáticas, nas quais apareceram as grandes comunidades de plantas flutuantes, as quais são características para a região do Médio Amazonas. Os elementos principais desta vegetação são gramíneas aquáticas e semiaquáticas, tais como: *Paspalum repens*, *Paspalum fasciculatum*, *Echinochloa polystachya*, *Leersia hexandra*, *Oryza perennis*, *Hymenachne amplexicaulis*. Outros elementos característicos são: *Scirpus cubensis* (Cyperaceae), *Eichhornia crassipes*, *Pontederia rotundifolia* (Pontederiaceae), *Salvinia* spp. (Salviniaceae), *Victoria amazonica* (Nymphaeaceae), *Montrichardia arborescens* (Araceae) e outros.

Os ecossistemas aquáticos continentais brasileiros, em sua maioria com extensas regiões litorâneas, são propícios à ocorrência de macrófitas aquáticas, onde desempenham importantes funções. Do ponto de vista taxonômico são conhecidas para as macrófitas aquáticas, 42 famílias de dicotiledôneas, 30 de monocotiledôneas, 17 de briófitas e 6 pteridófitas (ESTEVES, 2011). Na região do Estado do Rio Grande do Sul, Irgang e Gastal Jr. (1996) registraram cerca de 400 a 500 espécies de macrófitas aquáticas. Trindade et al. (2010), no levantamento da vegetação aquática do campus Carreiros da Universidade Federal do Rio Grande (FURG), revelaram a presença de 43 espécies de macrófitas aquáticas distribuídas em 21 famílias botânicas.

Para a classificação das formas biológicas das macrófitas aquáticas, baseado nas pesquisas de Irgang (1984), Pedralli (1990) separou com o reconhecimento de sete tipos de acordo as suas características: **submersa fixa** - enraizadas e crescem totalmente submersas na água; **submersa livre** - permanecem flutuando submersas na água; **flutuante fixa** - são enraizadas e com folhas flutuando na superfície da água; **flutuante livre** - permanecem flutuando com as raízes abaixo da superfície da água; **anfíbia** - plantas geralmente de margens; **emergente** - enraizadas com folhas emergindo parcialmente; **epífita** - se desenvolvem sobre outra planta.

Figura 01. Formas biotipológicas das macrófitas aquáticas baseados em



Fonte: Adaptado de Pendralli (1990)

2.5 Características de *Pistia stratiotes* (L.)

A macrofita aquática *Pistia stratiotes* é uma planta pantropical, melhor representada em áreas tropicais e subtropicais, com hábito de erva aquática flutuante de vida livre, estolonífera, conhecida vulgarmente como: “alface-da-água”, “mururu” ou “mururé” por algumas tribos indígenas (SILVA, 1981). No Amazonas é bastante frequente ocorrendo em rios, lagos e igarapés. Com a capacidade da rápida proliferação por meio da reprodução vegetativa, através de estalões, por muito tempo foi considerada em várias localidades uma praga indesejada (COELHO, 2017).

Sua filotaxia é apresentada da seguinte forma, apresenta folhas simples de borda inteira lisa, com ápice trunca e base aguda, possuindo uma adaptação no limbo com um tecido de reserva aerífero, que possui reserva de ar em pequenas cavidades, influenciando na flutuação da erva na água. A inflorescência é do tipo espádice envolta uma pequena folha modificada do tipo espata, característica da família Araceae. (SILVA, 2007) A *P. stratiotes* é hermafrodita, porém com a capacidade de rápida proliferação por meio de reprodução vegetativa, habilidade para regenerar-se a partir de pequenas porções do talo e independência parcial ou completa das estruturas sexuais de reprodução, por muito tempo e em algumas localidades é considerada indesejada (COELHO, 2017).

2.OBJETIVOS

GERAL:

- Analisar o potencial de *Pistia stratiotes* (L.) como bioindicador ecológico de qualidade da água com auxílio de parâmetros físico/químicos no igarapé do Brilhante no Município de Tabatinga/AM e compara-los à autores e bibliografias existentes na área.

ESPECIFICOS:

- Identificar taxonomicamente a macrófitas aquática *P. stratiotes*;
- Realizar análise físico/química do igarapé no período de seca e cheia;
- Avaliar se as variáveis estudadas influenciam ou prejudicam o crescimento populacional de *P. stratiotes*, através de observação *in situ*.

3. METODOLOGIA

3.1 Caracterização da Área de Estudo

O município de Tabatinga/AM (Figura 02. A) é um município brasileiro do interior do estado do Amazonas, pertencente a mesorregião do Sudoeste Amazonense e está localizado na região da tríplice fronteira entre Brasil, Colômbia e Peru, no alto Solimões. O município está cerca de 1.105 km da capital Manaus. O número de habitantes é de 62.346 e com população rural de 15.908 habitantes (IBGE, 2016).

A população do município de Tabatinga é altamente miscigenada, é composta por indígenas de diversas etnias, com predominância da etnia Ticuna, com existência também de Kokamas e Kambebas entre outros.

A litologia da área de Tabatinga/AM, por ser uma região de floresta tropical aberta os tipos de solos encontrados são composta em grande parte por solos eutróficos podzólicos (Solos glayzados hidromórficos) vermelho amarelo álico plúntico latossólico, em camadas com espessura de 1,50m. Quanto a vegetação é constituída em sua maior parte por florestas de terra firme, vegetação ciliar, igapós e mangues, com suas principais características apresentado a copa das arvores que não se tocam, possibilitando no espaço entre elas o crescimento das palmeiras onde os estratos são arbustivos, fechados, com ou sem lianas (RADAMBRASIL, 1977).

Figura 02: Imagem satélite de Área de estudo da realização do trabalho, em Tabatinga/AM.



Fonte: Disponível em: <http://www.googlemaps.com/tabatinga-AM>. Acesso em: 03 de setembro de 2018

Tabatinga está localizada no meio da maior floresta tropical do planeta, a selva amazônica, com alto índice de ocorrência de pluviosidade de dezembro a abril e com baixo índice de pluviosidade de julho a outubro, localizada na margem esquerda do Rio Solimões. Tabatinga possui área de 3.239,3 km². A cidade faz fronteira com Letícia, cidade colombiana, que constituem praticamente uma unidade urbana só. Separadas apenas por uma estrada e um pequeno rio, elas se encontram cada uma no território de um país diferente. A imprecisão e o caráter tênue da fronteira se desdobram em ficções de todos os tipos: a língua, a moeda, o governo, a cultura, a economia, a nacionalidade etc.

O igarapé do Brilhante se encontra mais ao sul do município (Figura 02. B), com as seguintes coordenadas – 4° 24' 14" 76" S / – 69° 94' 31" 17" W. Apresenta coloração marrom claro, cor característica do Rio Solimões. O igarapé de acordo a Resolução CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005 pode ser classificado como água doce de Classe III ou IV.

3.2 Coleta e identificação das macrófitas

A coleta do material botânico, de *Pistia stratiotes* foi realizada no igarapé do Brilhante, no município de Tabatinga/AM, em seguida levado ao laboratório do Centro de Estudos Superiores de Tabatinga, Universidade Estadual do Amazonas para análise com auxílio de um Microscópio Estereoscópio e posteriormente identificado seguindo a APG III (SOUZA & LORENZI, 2012). Além de comparações com exsicatas guardadas nos armários de Sistemática das Fanerógamas do laboratório multidisciplinar do Centro de Estudos Superiores de Tabatinga da Universidade do Estado do Amazonas (CESTB/UEA).

3.3 Análise da água

A análise da água foi realizada em partes, uma parte *in situ* com captação de dados no mesmo local e outra *ex situ*, com análise do material limnológico no laboratório em no máximo 1 hora depois de sua retirada do igarapé, para garantir a integridade do material. Em cada fase de realização da pesquisa (nas duas estações hidrológica), foram realizadas três testes para se ter uma estabilidade e confiabilidade maior nos dados obtidos neste presente trabalho. Por exemplo, no período de seca foram realizados 3 testes laboratoriais para cada parâmetro/variável analisada.

A primeira fase do trabalho foi a captação da água para avaliar as variáveis químicas e físicas do igarapé do Brilhante em tempo de seca em diferentes horas do dia 27/09/2019 (Figura 03). E a segunda fase, a captação das variáveis químicas e físicas do igarapé do Brilhante em tempo de cheia em diferentes horas do dia 20/02/2020 (Figura 04).

Figura 03. Coleta na época de seca no igarapé do Brilhante/AM.



Fonte: LUCAS, K.M. S. 2019.

Figura 04. Coleta na época de cheia no igarapé do Brilhante/AM.



Fonte: LUCAS, K.M. S. 2020.

A descrição dos dados físico/químicos, foram comparados por trabalhos que são marcos em pesquisas limnológicas no Brasil. O primeiro se trata da Resolução em vigência para Classificação de Corpos de águas, a Resolução CONAMA N° 357 de 17 de março de 2005, além de as outras três literaturas científicas base do presente trabalho como Esteves (2011), Von Sperling (1996) e Tundisi & Tundisi (2008). Outras bibliografias de apoio foram usadas como Demarco (2016), Silva (1981), Junk (1980, 1997), Sioli (1985) etc.

A análise físico/química do Igarapé foram realizadas no Instituto Federal do Amazonas (IFAM) com auxílio do Engenheiro de Pesca do Instituto. A variável transparência foi medida através do disco de Sech, modelo *Alfakit* (Figura 05). As variáveis de Temperatura (°C) e Oxigênio Dissolvido (OD) foram medidos por Oxímetro, modelo Pro HOD (Figura 06). O parâmetro de potencial hidrogênionico (pH) foi medido por um *pHmetro* modelo *Lucadema de pH – LUCA – 210* (Figura 07), muito usado em qualquer pesquisa limnologia. Para a variável de Condutividade foi usado o *Microprocessador Condutivity Meter DOS-120W* (Figura 08) para se ter noção da condução elétrica do meio aquático do igarapé.

Figura 05. Disco de Sech, modelo *Alfakit*.



Fonte: LUCAS, S. K.M. 2019.

Figura 06. Oxímetro modelo Pro HOD.



Fonte: LUCAS, S. K.M. 2019.

Figura 07. PHmetro modelo Lucadema de pH – LUCA – 210



Fonte: LUCAS, K. M. S. 2019.

Figura 08. *Microprocessador Conductivity Meter DOS-120W*



Fonte: LUCAS, K. M. S. 2019

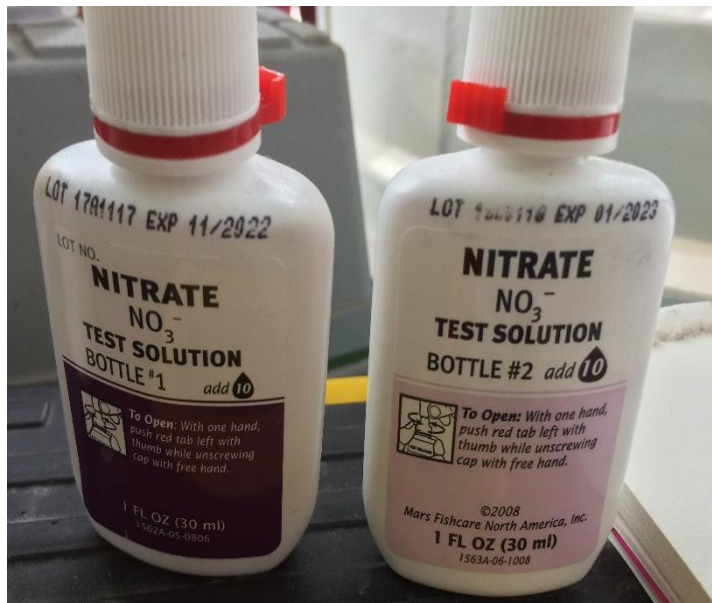
As variáveis Alcalinidade (Ac), Gás Carbônico (CO_2) foram examinadas com o auxílio do Acqua Análises (kit *Acqua Imagem*). Os compostos nitrogenados Amônia (NH_3), Nitrato (NO_3^-) e Nitrito (NO_2^-) (Figura 09, 10, 11 respectivamente) foram analisadas através de kit de piscicultura (*Freshwater Master Test Kit*), uma vez que equipamentos para essas análises serem escassos na região de Tabatinga/AM.

Figura 09. Reagente 1# (esquerda) e Reagente 2# (direita) para Amônia (NH_3).



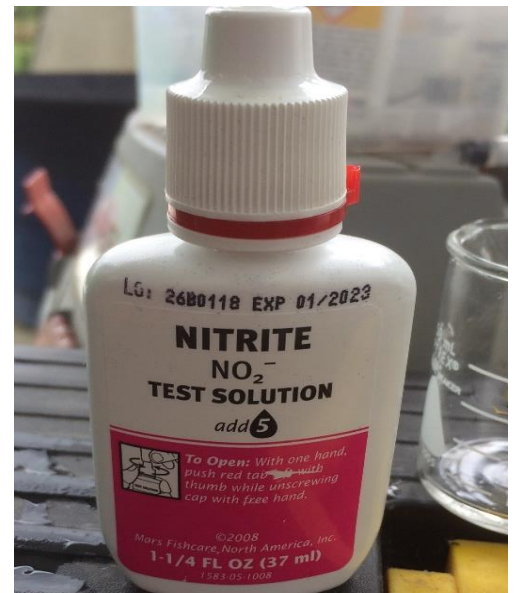
Fonte: LUCAS, K. M. S. 2019.

Figura 10. Reagentes 1# e 2# respectivamente para Nitrato (NO_3^-).



Fonte: LUCAS, K. M. S. 2019.

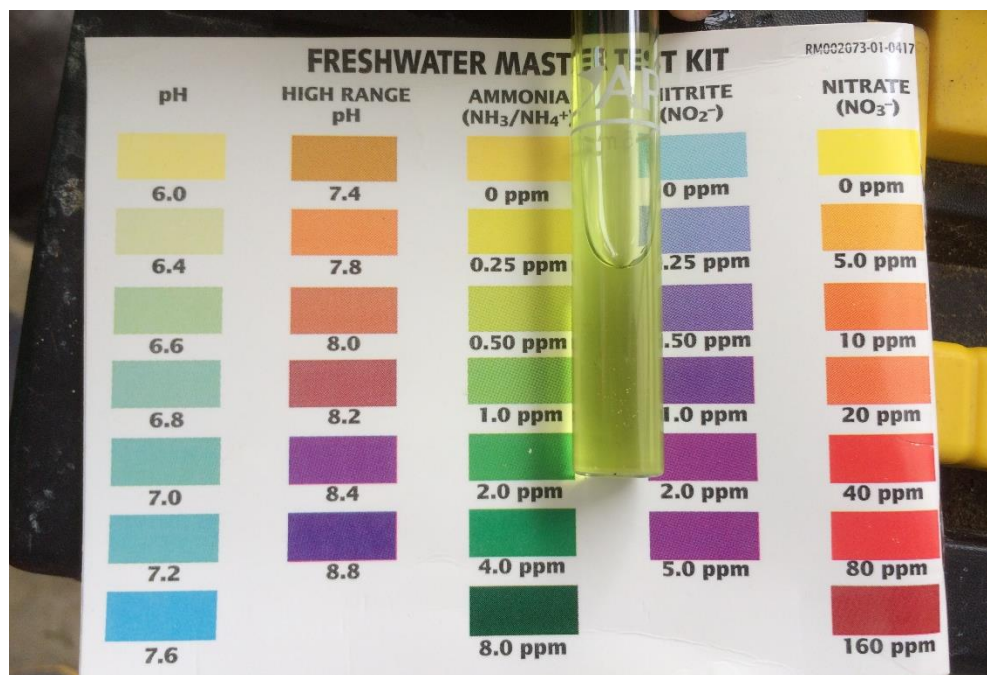
Figura 11. Reagente para Nitrito (NO_2^-).



Fonte: LUCAS, K. M. S. 2019.

Para cada variável dos compostos nitrogenados foi adicionado algumas gotas do reagente específico, em um tubo de ensaio com 5ml de água do igarapé, e posteriormente esperado alguns minutos até a amostra ser analisada. Por exemplo, o processo para extrair o NH_3 , foram adicionados 8 (oito) gotas do reagente 1# e posteriormente 8 (oito) gotas do reagente 2# (Figura 10). Comparando assim com a tabela do *Freshwater Master Test Kit* (Figura 12) para obter o resultado desejado:

Figura 12. Tabela Freshwater Master Test Kit para Amônia.



Fonte: LUCAS, K. M. S 2019.

Vale ressaltar que esses mecanismos usados para os padrões de Alcalinidade (Ac), Gás Carbônico (CO₂), Amônia (NH₃), Nitrato (NO₃⁻) e Nitrito (NO₂⁻) são da área de piscicultura, e mediante a isso, os resultados podem estar entre 90% a 95%, uma vez que instrumentos, materiais e equipamentos para limnologia serem escassos na região. Ainda assim, todos os dados foram avaliados pelo Engenheiro de Pesca do citado Instituto acima. É importante salientar também que as técnicas para realização e produção dos parâmetros, como análise *in situ* de temperatura com auxílio do Oxímetro, foram repetidas 3 vezes para se ter um índice maior de confiança na hora de analisa-los.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Identificação e descrição da Macrofitas Aquáticas

O gênero *Pistia* pertence à família Araceae Juss. Grupo integrante das monocotilédones, que compreende cerca de 105 gêneros e 3.500 espécies (DA SILVA, 2007). No entanto, Souza & Lorenzi (2012) afirmam que a família apresenta cerca de 100 gêneros distribuídos em 3.000 espécies em todo o mundo. A família tem como características principais nos organismos integrantes a produção de uma inflorescência do tipo espádice, e presença de uma espata que pode ser confundida com uma grande “pétala”, rodeando o espádice.

Irgang et al., (1984) baseados em trabalhos na Estação Ecológica do Taim, Rio Grande do Sul, publicaram a classificação das espécies aquáticas, que reflete esta zonação categorizando-as em: Flutuante livre (Fl), com Folhas flutuantes (Ff), Submersa fixa (Sf), Submersa livre (Sl), Emergente (Em), Anfíbia (An) e Epífita (Ep). Nesse caso, *P. stratiotes* é inserida em macrofitas flutuantes de vida livre.

O gênero *Pistia* compreende apenas uma única espécie, a macrofitas aquáticas flutuante de vida livre *P. stratiotes* (Figura 13). É uma planta pantropical, melhor representada em áreas tropicais e subtropicais, com hábito de erva aquática flutuante de vida livre, estolonífera, podendo alcançar de 15-20 cm de altura a 10 cm de diâmetro, conhecida vulgarmente como: “alface-da-água”, “mururu” ou “mururé” por algumas tribos indígenas (SILVA,1981).

Figura 13: (A) vista frontal e (B) vista superior *P. stratiotes*



Fonte: LUCAS, K. M. S. 2019.

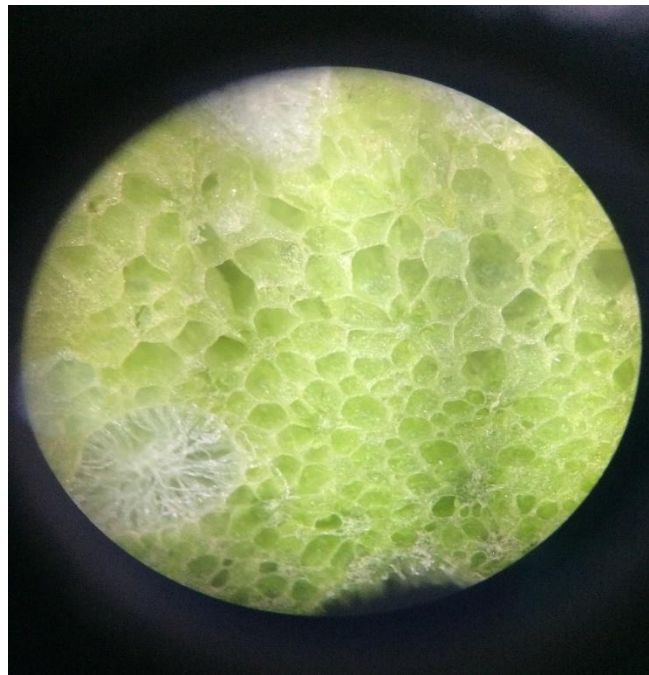


Fonte: LUCAS, K. M. S. 2019.

No Amazonas é bastante frequente ocorrendo em rios, lagos e igarapés. São conhecidas por apresentar um comportamento denominado zonação (ESTEVES, p. 465), plantas que em geral se apresentam emersas nos locais mais rasos, próximo a margem. Apresenta capacidade de rápida proliferação por meio da reprodução vegetativa, através de estalões, por muito tempo foi considerada em várias localidades uma praga indesejada, assim como geralmente todas macrófitas aquáticas existentes.

É uma erva com flores hermafroditas, sem látex, possui uma distribuição filotaxica rosulada com folhas simples. Possui também limbo como adaptação aquática (Figura 14) com constituição esponjosa, revestida com tecido preenchido por reserva aerífero, ou seja, possui reserva de ar em pequenas cavidades, influenciando na flutuação da erva na água.

Figura 14: Tecido de reserva aerífero em *P. stratiotes* que possibilita sua flutuação na água.



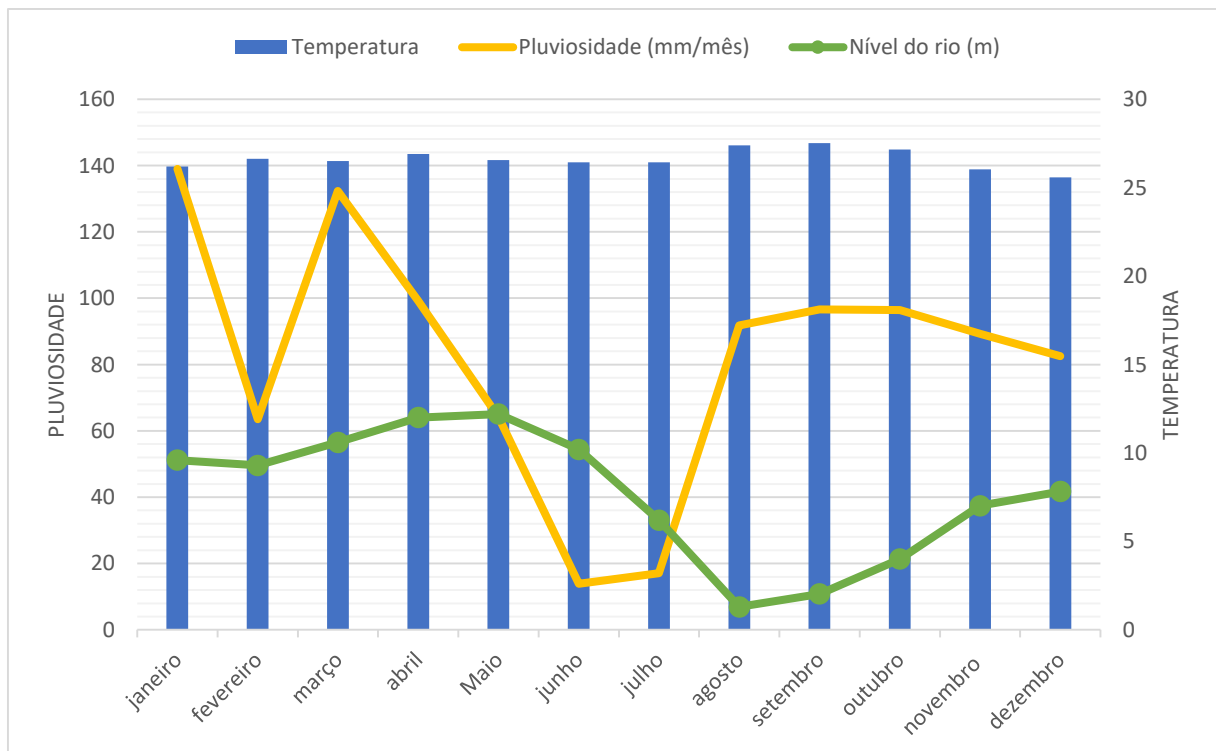
Fonte: LUCAS, K.M. S. 2019.

4.2 Análise de água

O igarapé do Brilhante pode ser classificado de diferentes formas, de acordo a sazonalidade no ano. Porém, acredita-se que o igarapé necessariamente seja classificado como água doce de Classe III e IV que dispõe de: “Águas destinadas à navegação; à harmonia paisagística e aos usos menos exigentes, em alguns casos à pesca e à dessedentação de animais”, de acordo a Resolução CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005, que dispõe os parâmetros de classificação de usos preponderantes das classes de água no Território Nacional (ANEXOS. Tabela 03).

O igarapé como afluente do rio Solimões, sofre intemperismo antropocêntrico, e da sazonalidade anual do rio. São duas épocas características, a cheia (que compreende os meses de Janeiro a Março) onde a pluviosidade é bem acentuada, e o período de seca (que compreende os meses de Junho a Setembro) onde a pluviosidade é baixa e as temperaturas são, em vezes, extremas. No Gráfico (01) abaixo pode-se observar 3 variáveis importantes no comportamento do Rio Solimões no ano de 2019.

Gráfico 01. Variáveis hidrológica do Rio Solimões em 2019.



Fonte: Defesa Civil de Tabatinga/AM. 2019.

A partir dessa orientação foi possível realizar as coletas de acordo a metodologia. Os parâmetros abordados neste item podem ser de utilização geral, mais precisamente para

caracterizar águas não potáveis em estado natural. A análise físico/químico da água do igarapé tem os seguintes valores amostrados em parâmetros, a primeira coleta no mês de setembro de 2019 (Tabela 03), são referentes ao período de baixa pluviosidade de seca do rio. E segunda coleta realizada no mês de fevereiro de 2020 (Tabela 04), em época de cheia do rio Solimões.

Tabela 03. Variáveis químicas e físicas do igarapé do Brilhante em tempo de seca em diferentes horas do dia 27/09/2019.

PARÂMETROS	Manhã	Tarde
Temperatura (°C)	25,5°C	27,5°C
Oxigênio Dissolvido (OD)	4.6mg/L ⁻¹	3.46mg/L ⁻¹
Transparência	Total	Total
Condutividade Elétrica (uS)	95.7uS cm ⁻¹	76,5uS cm ⁻¹
pH	6.2	6.2
Alcalinidade	21mg de CaCO ₃ /L	
Amônia (NH ₃),	0,50 mg/L	
Gás Carbônico	18mg CO ₂ /L	
Nitrito (NO ₂ ⁻)	0 mg/L	
Nitrato (NO ₃ ⁻)	5.0 mg/L	

Fonte: LUCAS, K. M. S. 2020.

Tabela 04. Variáveis químicas e físicas do igarapé do Brilhante em tempo de cheia em diferentes horas do dia 20/02/2020.

PARÂMETROS	Manhã	Tarde
Temperatura (°C)	27,5°C - 28°,4C	29,7°C
Oxigênio dissolvido (OD)	0,27 mg/L ⁻¹	1,38 mg/L ⁻¹
Transparência (Z)	40 Z/cm	40 Z/cm
Condutividade Elétrica (uS)	78,7uS cm ⁻¹	71,5uS cm ⁻¹
pH	6.8	6.8
Alcalinidade	21mg de CaCO ₃ /L	
Amônia (NH ₃),	2.0 mg/L	
Gás Carbônico	12mg CO ₂ /L	
Nitrito (NO ₂ ⁻)	0 mg/L	
Nitrato (NO ₃ ⁻)	0 mg/L	

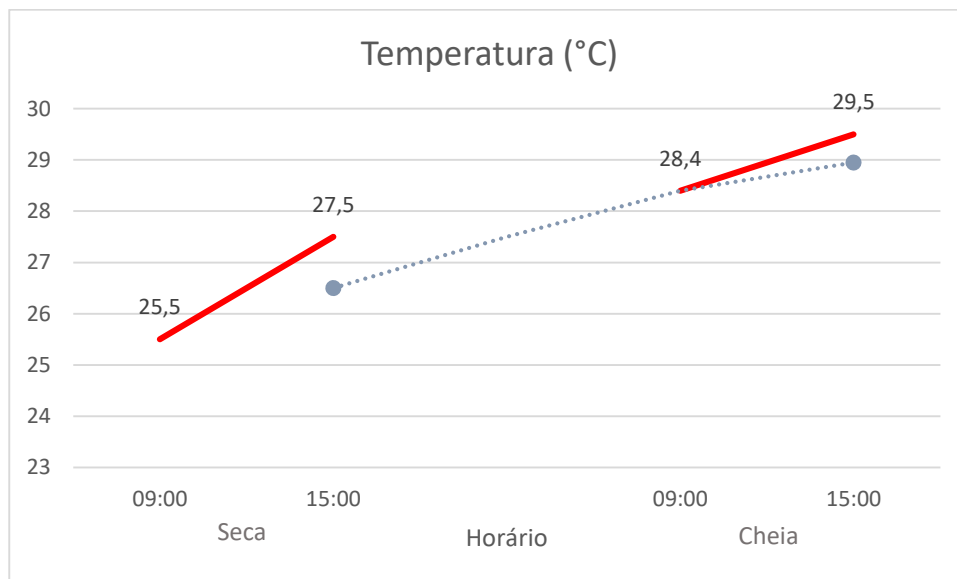
Fonte: LUCAS, K. M. S. 2020.

Algumas mudanças físicas visíveis de comportamento do igarapé foram observadas, uma delas tem relação à coloração da lâmina de água. No período de seca a água encontrava-se em um tom marrom “límpido”, característico do Rio Solimões e com um comportamento lótico. Já em período de cheia a lâmina d’água encontrava-se com coloração escura e em fluxo mórbido com comportamento lântico.

A temperatura durante todas as coletas se manteve claramente estável. Houve um aumento na temperatura total em cerca de 4°C, padrão esse normal para a sazonalidade da época de seca e cheia em corpos de água (Gráfico 02). A temperatura média para os dois períodos de cheia e seca foram 29,05 e 26,5°C respectivamente, representado pelos pontos entre o meio das sessões principais.

A temperatura exerce papéis que podem influenciar diretamente no comportamento de corpos de água, dentre elas as elevações da temperatura aumentam a taxa das reações químicas e biológicas (na faixa normal de temperatura). Elevações da temperatura diminuem a solubilidade dos gases (ex: oxigênio dissolvido), elevações da temperatura aumentam a taxa de transferência de gases (o que pode gerar mau cheiro, no caso da liberação de gases com odores desagradáveis) (VON SPERLING, 1996).

Gráfico 02: Média de temperatura na Seca e na Cheia no igarapé do Brilhante em Tabatinga/AM.



Fonte: LUCAS, K. M. S. 2021.

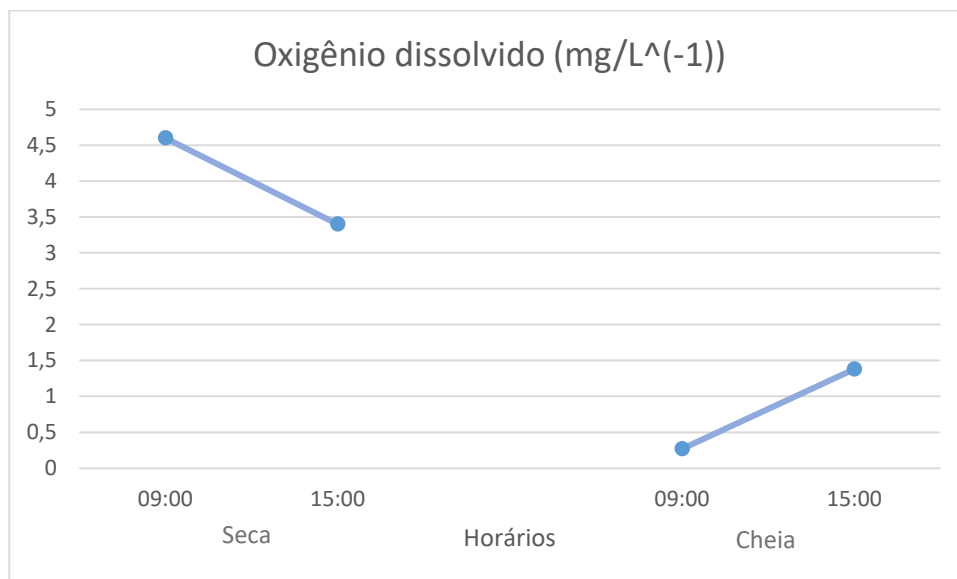
De acordo com Cancian, Camargo e Silva (2008) foi avaliada a influência de diferentes condições de temperatura e fotoperíodo no crescimento de *P. stratiotes* no rio Aguapeú São Paulo, concluiu-se que *P. stratiotes* é mais sensível a baixas temperaturas (-25°C), ou seja, apresentou menor crescimento. Isso foi possivelmente observado no período de seca onde foi observado apenas alguns exemplares de *P. stratiotes*. Mas, em congruência à isso, *P. stratiotes* possui maior índice de proliferação em temperaturas superiores a 25°C, média essa observada na abundância de exemplares no período de cheia.

A Resolução CONAMA nº 357/2005 não estabelece padrões para esse parâmetro em seu texto, no entanto, a temperatura exerce considerável influência nas características físicas e nas reações químicas e bioquímicas da água, além de notadamente refletir em processos biológicos da biota aquática, ciclagem de nutrientes, etc. (ESTEVES, 2011).

O oxigênio dissolvido (OD) é um dos parâmetros imprescindíveis quando se trata de pesquisas limnológicas, por ser de essencial importância para os organismos aeróbios (que vivem na presença de oxigênio), e o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos. O oxigênio constitui-se um dos parâmetros mais empregados para a avaliação dos ecossistemas aquáticos, fornecendo informações sobre a qualidade e a capacidade de autodepuração da água (AMORIM *et al.*, 2016).

Os resultados das concentrações do OD (oxigênio dissolvido), indicaram um nível médio de oxigenação do corpo d'água pela manhã, e uma leve queda de $1,14 \text{ mg/L}^{-1}$ na porcentagem pode ser observado durante a tarde, isso no período de seca. Os dados desse parâmetro para a segunda coleta foram bastante difusos. Mudanças extremas podem ser observadas. Uma queda de $4,33 \text{ mg/L}^{-1}$, se comparada ao dado da manhã na seca. O oxigênio dissolvido foi de $0,27 \text{ mg/L}^{-1}$ obtida pela manhã, e um aumento superficial á tarde $1,38 \text{ mg/L}^{-1}$ (aumento de $1,11 \text{ mg/L}^{-1}$) na cheia do igarapé (Gráfico 03).

Gráfico 03: Variação de Oxigênio Dissolvido (OD) na Seca e Cheia no igarapé do Brilhante em Tabatinga/AM.



Fonte: LUCAS, K. M. S. 2021.

De acordo a isso, pode-se levantar 4 hipóteses para a diminuição de OD nos intervalos de coleta. a) ocorrência de chuva entre o intervalo de coleta à tarde; b) possivelmente o aumento da vazão; c) um aumento no consumo de oxigênio na atividade de oxidação da matéria orgânica nos ambientes aquáticos; d) as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução da sua concentração no meio (VON SPERLING, 1996).

Não se sabe ao certo se ambientes com déficits de OD são favoráveis ao crescimento de *P. stratiotes*, uma vez que as observações em campo mostram resultados para a riqueza de populações da macrófitas no período de cheia, período observado na diminuição de nível de OD. Em todos os trabalhos analisados e consultados não há referências a esse comportamento.

A transparência é um parâmetro importante em estudos limnológicos. Ela nos permite visualizar até que ponto os espectros de luz (radiação de 400 a 750nm) são visíveis ao mergulhar-se o disco de Secchi. A transparência é medida ao ponto em que não é mais possível observar o disco. Alguns distúrbios podem ser observados ao longo da medição da transparência como, distorções provocadas pela radiação refletida da superfície da água e dispersão da radiação. A menor transparência obtida foi no período de cheia em que foi possível observar apenas a 43cm o disco além da lâmina de água. Permitindo então levantar a hipótese de que em período de cheia, há mais partículas em suspensão e menos infiltração de radiação do que no período de seca.

A transparência não se faz importante na análise do trabalho, até porque não se sabe ao certo como ela interfere na planta, e não foi encontrado nenhuma referência na literatura de interferência no comportamento fisiológico de *P.stratiotes*. Mas, nem por isso se faz desnecessária para análises físico/químico em corpos de água, além de a radiação ser necessária para os mecanismos de fotossíntese das macrófitas aquáticas e das plantas na região ciliar do igarapé.

A condutividade elétrica segundo Esteves (2011. p. 300) é nada mais nada menos do que a capacidade de um líquido em conduzir corrente elétrica em função da concentração de íons presentes na água, ou seja, quanto maior a concentração de íons maior a condutividade elétrica, e quanto menor a concentração de íons menor é a CE. Para medições limnológicas é uma variável muito importante, visto que pode fornecer importantes informações sobre metabolismo do ecossistema aquático.

Se comparados aos dados da pesquisa feita por Junk & Furch (1980) na cabeceira de Manaus podemos observar valores médios de eletrólitos em 30-60 uS. cm⁻¹, o que pode ser considerado baixo para os dados obtidos nas medições da manhã (95.7uS cm⁻¹) e na tarde

(76,5uS cm⁻¹) de seca, para 78,7uS cm⁻¹ na manhã e 71,5uS cm⁻¹ na tarde de cheia no igarapé do Brilhante. De acordo, podemos concluir que há uma taxa exorbitante de eletrólitos nesse ecossistema aquático.

De maneira sucinta, *P.stratiotes* sofre de forma indireta pela corrente elétrica, porque o escoamento de íons no corpo de água depende da CE. A CE sofre influência em maior magnitude pelos íons mais diretamente responsáveis, os chamados macronutrientes (Cálcio, magnésio, potássio, sódio, carbonato, sulfato, cloreto etc.), enquanto que nitrato, nitrito e amônia (íons que influenciam diretamente o comportamento fisiológico da planta) tem pouca influência no valor da CE. Sendo assim, a CE não tem impacto direto na planta.

Alguns padrões observados podem agir em uma Inter relações de condições, ou seja, um parâmetro pode ser influenciável pelo outro (ESTEVEES, 2011. p. 226), e neste trabalho as variáveis pH, alcalinidade e o fluxo de gás carbônico estão inter-relacionados. O padrão para o Potencial hidrogênionico (pH), pode ser conceituado como a concentração de íons de H⁺ em suspensão, o que influenciar diretamente nas condições de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. O pH encontrado nas duas coletas no período de cheia e seca estão no limite 6, teoricamente os dados encontram-se inseridos se confrontado com os limites definidos na Resolução CONAMA nº 357/2005. Limite esse que situa entre, 6 e 9 o pH de corpos de água considerados normal para todos as Classe amostradas no Resolução.

Uma leve queda negativa pode ser observada no parâmetro, em 0.4 no intervalo da coleta no período de seca, mas nada que possa influenciar a vida aquática ou os microrganismos drasticamente, portanto o pH encontra-se neutro. Se confrontado com Von Sperling (1996. p. 26) sobre tratamento de água residuais, o pH em neutralidade é estabelecido em 7, e < 7 pode ser considerado uma condição de acidez, o que pode ser considerado corrosividade e agressivo nas comunidades de organismos vivos, além e influenciar também no comportamento fisiológico das plantas.

Outra variável que segundo Esteves (2011, p. 226-227) influenciável pelo pH é o Gás Carbônico, que é um importante parâmetro para a avaliação das taxas metabólicas, quando se trata de produção/respiração de ecossistemas aquáticos, além de influenciar diretamente o comportamento de macrófitas aquáticas. Parte do CO₂ presente na coluna de água dos ecossistemas aquáticos pode ser emitido para a atmosfera através de processo de difusão ou ebulientes.

Na coleta do período de seca, a concentração de Gás Carbônico no corpo de água foi estabelecido em 18mg CO₂/L, ou seja, de alguma maneira, os processos de fixação e a respiração não se encontram normal, pelo acúmulo bruto dessa concentração de CO₂ no corpo

d'água. Em comparação, no período de cheia há 6mg CO₂/L a menos do que o emitido no período de seca, considerado valor normal de 12mg CO₂/L expresso na Resolução CONAMA nº 357/2005. Esteves (2011) e o Von Sperling (1996) não estabelecem padrões para esse parâmetro em seus textos.

O CO₂ exerce função imprescindível também de comportamento fisiológico de *P. stratiotes*, pois, essas plantas de acordo as ideias de Esteves (2011. p. 468) adequaram seu metabolismo à adaptações fisiológicas à escassez de CO₂. Padrão esse que foi observado no comportamento da população de macrófitas no igarapé. O balanço de CO₂ obtido na seca foi de cerca de 18mg, onde afirmado que quase não foi possível observar exemplares no corpo de água. Em oposição a isso, no período de cheia, a diminuição da concentração de CO₂ influenciou também a uma grande massa observada de exemplares de *P. stratiotes* (Figura 15).

Figura 15. Comunidade de *P. stratiotes* no igarapé do Brillhante no período de cheia (quase impossível a visualização da lâmina de água).

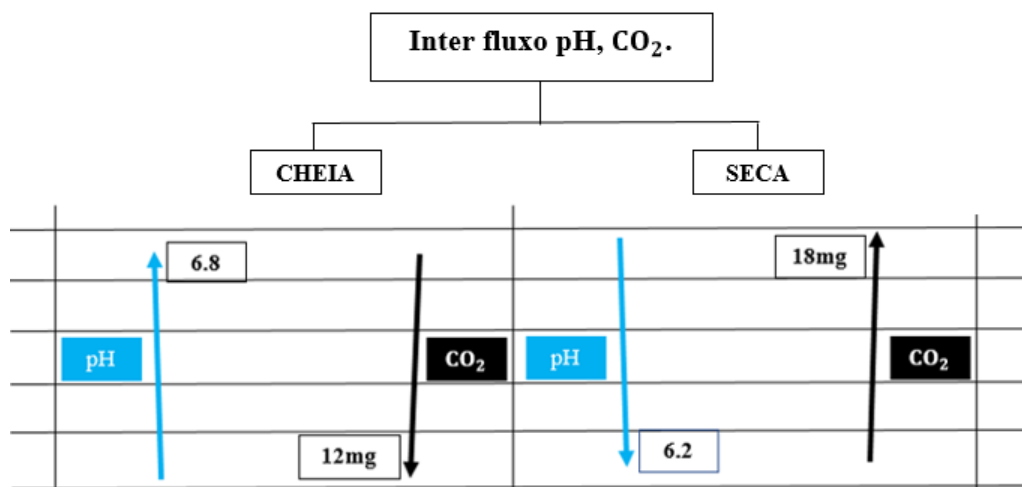


Fonte: LUCAS, K. M. S. 2020.

A Alcalinidade é um padrão que é influenciável pelo pH, ou seja, a quantidade de íons na água que reagirão para neutralizar os íons hidrogênio. É a medição da capacidade da água de neutralizar os ácidos. Na tabela 01, a Alcalinidade se encontra em 21 mg de CaCO₃/L, padrão esse considerado baixo, se confrontado com Von Sperling (1996. p. 28). A Resolução CONAMA nº 357/2005 não estabelece padrões para esse parâmetro em seu texto. Dessa forma, não tem significado expressivo quando se trata de trabalhos com resultados neutros de pH, mas em elevadas concentrações confere um gosto amargo para a água (VON SPERLING, p 27), além de interferir na vida animal e vegetal do ecossistema aquático.

Em síntese da Inter-relação, algumas comunidades vegetais e animais nos ecossistemas aquáticos podem interferir no equilíbrio pH, CO₂ e Alcalinidade. Por exemplo, em um pH base, o parâmetro atua como potencializador da permeabilidade da membrana celular dessas comunidades, o que interfere no transporte iônico intra e extracelular em vegetais, aumentando a assimilação de CO₂ pela atividade autotrófica e O₂ pela fotossíntese (ESTEVES, 2011.). A seguir, o fluxograma mostra um desses fenômenos que foi observado mediante às comparações nas bibliográficas consultadas. (Fluxograma 01).

Fluxograma 01. Balanço do Inter-relação de pH e Gás Carbônico.



Fonte: LUCAS, K. M. S. 2019.

No fluxograma pode-se observar a inter-relação entre duas variáveis que se comportaram significativamente balanceadas. No período de cheia, o pH encontra-se em 6.8 e o CO₂ está em 12mg, em consequente a isso, no período de seca, o pH encontrasse em 6.2 e a taxa de CO₂, aparentemente encontram-se em 18mg. Dessa forma, as taxas se comportam como uma balança de peso de mercado comum (a Alcalinidade encontra-se estável nesse sistema, 21mg de CaCO₃/L). Esse fenômeno acima citado está em conformidade e encontra-se citado na literatura estudadas em Esteves (2011), sobre Inter-relações entre pH e CO₂.

Em partes, esse balanço foi essencial no comportamento da abundância da população de *P.stratiotes* nos intervalos de coleta do trabalho. Quando há aumento de pH e diminuição na concentração CO₂, a população de exemplares aumenta visivelmente. Enquanto o pH diminui e as concentrações de CO₂ aumentam, ocorre ocasionalmente a diminuição da população de exemplares de *P.stratiotes*.

Se tratando de compostos nitrogenados, a Amônia (NH₃) é o produto da transformação do nitrogênio através de diversos processos bioquímicos da água. A amônia é uma substância

de importância significativa no metabolismo de macrófitas aquáticas. Em tempo de seca, não foram encontrados exemplares de *P.stratiotes*, isso se dá geralmente pelo baixo acúmulo de NH_3 na água, cerca de 0.50ppm. Em oposição a isso, no período de cheia, o acúmulo de NH_3 foi de 2.0ppm e uma grande abundância de *P.stratiotes* foi observada.

De acordo com Esteves (2011, p. 518), vários outros autores têm mostrado a possibilidade da utilização de espécies de macrófitas na eliminação de compostos ligados a processos de eutrofização como, entre eles, está amônia, nitrito e nitrato. Em consequência a isso, a grande disponibilidade de populações de *P.stratiotes* no igarapé no período de cheia, se deve a elevada disponibilidade bruta de NH_3 presente na água. De sorte, Von Sperling (1996) afirma que o nitrogênio é um elemento indispensável para o crescimento de vegetais, quando em elevadas concentrações em lagos e represas, pode conduzir a um crescimento exagerado desses organismos.

Se levarmos em conta a qualidade de água para a sobrevivência de macrófitas aquáticas em função de amônia, o ambiente de cheia, rico em NH_3 é um ecossistema propício para a proliferação e crescimento excessivo desses organismos. Porém, em excesso também causa a toxicidade em outros organismos aquáticos, os peixes.

Em outro ponto no período de seca, os padrões para Nitrato (NO_3^-) e Nitrito (NO_2^-) se encontram em correlação com os dados na disponibilizados na Resolução CONAMA N° 357. Para corpos de água doce, o valor máximo de NO_3^- permitido é igual a 10,0 mg/L. E para a variável NO_2^- o valor permitido é inferior a 1,0 mg/L N. Sendo assim, os padrões do Igarapé do Brilhante em relação a NO_3^- e NO_2^- se encontram dentro dos estabelecidos pela CONAMA N° 357 de 17 de março de 2005. Porém, não foram observados nenhum espécime de *P.stratiotes*.

Na segunda coleta realizada do igarapé do Brilhante em época de cheia nenhum dos parâmetros de Nitrito (NO_2^-) e Nitrato (NO_3^-) foram observados. Isso se dá geralmente pelo baixo processo de Nitrificação e elevado processo de Amonificação, observado pela concentração considerável de NH_3 no período de cheia. Não se sabe ao certo se esses dois compostos nitrogenados interferem no comportamento fisiológico de macrófitas aquáticas, com a revisão das literaturas consultadas. Mas sabe-se que, segundo Raven *et al.*, (2007) o Nitrito é tóxico para plantas terrestres, mas ele raramente se acumula no solo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em função do termo bioindicadores, é possível levantar várias soluções e termos para a conclusão do trabalho. Uma delas é de que algumas variáveis físicos/químicos funcionam realmente como impulsionadores do potencial de crescimento de *P.stratiotes*, ou/se apenas fatores biológicos internos do metabolismo são responsáveis por esse crescimento. Os objetivos alcançados mostram-se bastante concisos com descritos em literaturas no Brasil, de que a maioria dos parâmetros físicos/químicos são influenciadores sim, de processos fisiológicos em macrófitas aquáticas.

A análise da água nos remete a um mapa da situação base do igarapé do Brilhante, sem ela, se fazia quase impossível o alcance dos resultados. Resultados esses que nos indicam qualidades positivas para corpos de água (para corpos d'água de classificação III e IV, dentro dos parâmetros da Resolução CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005), mostrando ainda uma capacidade influenciadora desses parâmetros no comportamento da *P.stratiotes*.

Portanto, ressalta-se então que muitas das variáveis podem estar agindo em poder influenciador do crescimento populacional de *P.stratiotes* no igarapé do Brilhante. Isso pode ser observado na capacidade da planta em aumentar sua população na presença de índices maiores de temperatura e de NH_3 , assim como na diminuição ou déficits de substâncias como OD e CO_2 . Ou também de não sofrer influência visível na presença ou ausência de NO_2^- e NO_3^- . Afirmando assim que a macrófita aquática *Pistia stratiotes* pode ser indicada como bioindicador ecológico de qualidade de água no igarapé do Brilhante em Tabatinga/AM, através da realização de todos os testes e medições apropriadas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, G. W. **AVALIAÇÃO DO POTENCIAL BIOINDICADOR E FITORREMEIADOR DE *Salvinia auriculata* AUBLET NA PRESENÇA DE CADMIO E CHUMBO**. Dissertação da Universidade Federal de Lavras, Programa de Pós-graduação em E.cologia Aplicada. Lavras – Minas Gerais. Brasil. 2009.
- AMORIM, D. G. CAVALCANTE, P. R. S. SOARES, L. S. PATRYCIA, E. C. A. Enquadramento e avaliação do índice de qualidade da água dos igarapés Rabo de Porco e Precuá, localizados na área da Refinaria Premium I, município de Bacabeira (MA). **Rev. Eng. Sanit Ambient.** 2016.
- AQUINO, A. Biorremediação: Uma técnica eficaz e barata para tratar o meio ambiente. **Revista TAE- especializada em Tratamento de Água e efluentes.** v.1. n.5, 2012.
- BAGLIANO, R. V. **PRINCIPAIS ORGANISMOS UTILIZADOS COMO BIOINDICADORES RELATADOS COM USO DE AVALIADORES DE DANOS AMBIENTAIS**. Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade. Vol. 2. n.1. jul – dez. 2012.
- BERNAL, R. J. **Índios Urbanos: Processos de reconfiguração das identidades étnicas indígenas em Manaus**. Editora da Universidade Federal do Amazonas (EDUA) / Faculdade Salesiana Dom Bosco. Manaus, 2009.
- BRASIL. **Resolução CONAMA N° 357**, de 17 de março de 2005. Classificação, segundo seus usos preponderantes, em nove classes, as águas doces, salobras e salinas do Território Nacional.
- CANCIAN, L. F. CAMARGO, A. F. M. SILVA, G. H. G. Crescimento de *Pistia stratiotes* em diferentes condições de temperatura e fotoperíodo. **Acta Botânica Brasil.** p. 552-557. 2009.
- COELHO, J. C. **MACRÓFITAS AQUÁTICAS FLUTUANTES NA REMOÇÃO DE ELEMENTOS QUÍMICOS DE ÁGUA RESIDUÁRIA**. Dissertação da Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP – Campus de Botucatu, Mestrado em Agronomia. São Paulo: Botucatu 2017.
- COOK, C.D.K. **Water plants de world**. Dr. W. Junk b.v., Publishers, The Hague. Ferreira, F.A., Mormul, R.P., 1974
- CRUZ, M. B. KARAM, D. AGUIAR, R. MELLO, J W. D. **ABSORÇÃO DE METAIS PESADOS PRESENTES EM EFLUENTE DE MINERAÇÃO POR PISTIA STRATIOTES** **Anais do IX Congresso de Ecologia do Brasil**, 13 a 17 de Setembro de 2009, São Lourenço – MG
- CUNHA, S. B. GUERRA, A. J. T. **A Questão Ambiental: Diferentes Abordagens**. Editora Bertrand Brasil. Rio de Janeiro. 2003.
- DEMARCO, C. F. **Seleção de macrófitas aquáticas com potencial de fitorremediação no arroio Santa Bárbara, município de Pelotas/RS**. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, da Universidade Federal de Pelotas (UFP). Pelotas/Rio Grande do Sul. 2016.
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Editora Interciência. 2º ed. Rio de Janeiro. 1998.

ESTEVEES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Editora Interciência. 3º ed. Rio de Janeiro. 2011.

FABRÉ, N. N. VIEIRA, E. F. ALONSO, J. C. CARACTERIZAÇÃO DE AMBIENTES AQUATICOS DA REGIÃO DO ALTO SOLIMÕES –AMAZÔNIA, BRASIL. **Brazilian Journal of Ecology**. São Paulo, SP. Brasil, (2003) pg. 24-32.

GOCH, Y. G. F. **EFEITOS DO ASSOREAMENTO SOBRE AS COMUNIDADE DE PEIXES DE IGARAPÉS DA BACIA DO RIO URUCU, COARI, AMAZONAS, BRASIL**. Programa Integrado de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Humanos. Universidade Federal do Amazonas – UFAM. Manaus –AM. 2007.

PEREIRA, R. C. *et al.* Monitoramento in situ da biodiversidade: Proposta para um sistema Brasileiro de Monitoramento da Biodiversidade. –Brasília/DF: ICMbio, - 61p. 2013.

IRGANG, B. E., PEDRALLI, G., WAECHTER, J. I. Macrófitos aquáticos da Estação Ecológica do Taim, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Roessléria**, Vol.6 no.1: 395-405. 1984.

JUNK, W. J. Recursos hídricos da região amazônica: utilização e preservação. **Acta Amazônica** 9(4): 37-51. 1979.

JUNK, W. J. FURCH, K. Química da água e macrófitas aquáticas de rios e igarapés na Bacia Amazônica e nas áreas adjacentes: Parte 1: Trecho Cuiabá – Porto Velho – Manaus. Manaus: **Acta. Amazônica**, Vol.10 no.3: 611-633. Setembro. 1980.

JUNK, W. J. *et al.*. Uma Classificação de Ocorrência Natural Principal Terras úmidas de planície amazônica. **Wetlands** 31: 623-640. 2011.

LYNCH J. M.; MOFFAT, A. J. Bioremediation- prospects for the future application of innovative applied biological research. **Anais Applied Biology** 2005, p. 146217, 2005.

LIMA, M. V. **AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE BIOACUMULAÇÃO DE CROMO POR PISTIA STRATIOTES**. Monografia apresentada ao curso de graduação em Engenharia Ambiental, da Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo/UFSCr. São Paulo, SP. 2010.

HEGEL, C. Z. G. MELO, E. F. R. Q. MACRÓFITAS AQUÁTICAS COMO BIOINDICADORAS DA QUALIDADE DA ÁGUA DOS ARROIOS DA RPPN MARAGATO. **Rev. Agronegócio e Meio Ambiente**. v.9, n.3, p. 673-693, jul./set. 2016.

HOLT, E. A. Bioindicators: Using Organisms to Measure Environmental Impacts. **Nature Education Knowledge**. 2010. Disponível em <<https://www.GlobalAndRegionalEcology/Bioindicators:UsingOrganismstoMeasureEnvironmentalImpacts.html>..> Acesso em: 29 Jun. de 2021.

MARGALEF, R. **Perspectives in ecological theory**. Limnologia. Barcelona: Ediciones Omega, 1983.

PEDRALLI, G. **Levantamento da vegetação aquática (“macrófitas”) e das florestas de galeria na área da Usina Hidrelétrica de Nova Ponte**. Minas Gerais. Bios 4: 49-60. 1990.

RAVEN, P. H. **Biologia Vegetal**. 7ªed. Editora Guanabara Koogan S. A. Rio de Janeiro. 2007.

SILVA, C. J. **Observações sobre a biologia reprodutiva de Pistia stratiotes L. (Araceae).** ACTA AMAZONICA 11(3): 487.504. 1981.

DA SILVA, M. C. **Caracterização Genética de Araceae, com Ênfase em Espécies da Amazônia Brasileira.** Tese apresentada ao programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Pernambuco. Recife. Junho de 2007.

SIOLI, H. **AMAZÔNIA: FUNDAMENTOS DA ECOLOGIA DA MAIOR REGIÃO DE FLORESTAS TROPICAIS.** Trad. Johann Becker. Editora Vozes Ltda. Petrópolis, RJ. 1985.

SOUZA, V. C. LORENZI, H. **Botânica Sistemática: Guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG III. 3ª ed.** Instituto Plantarum de Estudos da Flora LTDA. Nova Odessa –SP. 2012.

TRINDADE, C. R. T.; PEREIRA, S. A.; ALBERTONI, E. F.; PALMA-SILVA, C. Caracterização e importância das macrófitas aquáticas com ênfase nos ambientes límnicos do Campus Carreiros - FURG, Rio Grande, RS. **Cadernos de Ecologia Aquática**, v. 5, n. 2, p. 1-22, 2010.

THOMAZ, S. M. BINI, L. M. **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas.** Editora da Universidade Estadual de Maringá. Maringá – Paraná. 2003.

TUNDISI, J. G. TUNDISI, T. M. **Limnologia: Ciência da Terra.** Oficina de Textos. São Paulo. 2008.

VON SPERLING, M. **INTRODUÇÃO À QUALIDADE DAS ÁGUAS E AOS TRATAMENTO DE ESGOTOS.** 2º ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária. Minas Gerais. 1996.

XAVIER, L. R. C. C. SCHERNER, F. BARRETO, R. C. BURGOS, D. C. PEREIRA, S. M. B. EFEITOS DA URBANIZAÇÃO SOBRE A COMPOSIÇÃO E ESTRUTURA DAS COMUNIDADES DE MACRÓFITAS EM ECOSSISTEMA LÓTICO DO ESTADO DE PERNAMBUCO, BRASIL. **Revista Hydrobiologia Springer**.2013.

WETZEL, R. **Limnology: Lakes and River Ecosystems.** 3ª ed. Academic Pres. San Diego. 2001.

WEAVER, J. E. CELEMENTS, F. E. **Plant Ecology.** 2ª ed. New York. 601 p. 1938.
Disponível em: <<https://www.scirp.org/Reference/ReferencesPapers.aspx>>. Acesso em: 29 Jun. de 2021.

ANEXOS

Anexo: Tabela de parâmetros de água para Classe III e IV em função da resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005.

PARÂMETROS	
Temperatura (°C)	N/A
Oxigênio dissolvido (OD)	< 4 mg/L
Transparência	N/A
Condutividade Elétrica (uS)	N/A
pH	6.0 a 9.0
Alcalinidade	N/A
Amônia (NH ₃)	13,3 mg/L N, para pH £ 7,5; 5,6 mg/L N, para 7,5 < pH £ 8,0; 2,2 mg/L N, para 8,0 < pH £ 8,5; 1,0 mg/L N, para pH > 8,5.
Gás Carbônico	N/A
Nitrito (NO ₂ ⁻)	1,0 mg/L N
Nitrato (NO ₃ ⁻)	10,0 mg/L N

Legenda:

N/A: Não aplicada;

< : Menor que.