

Universidade do Estado do Pará
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Centro de Ciências Naturais e Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – Mestrado



Alba Rocio Aguilar Piratoba

Avaliação da Influência do Polo Industrial de Barcarena na Qualidade Ambiental dos Recursos Hídricos Superficiais na sua Área de Abrangência.

Belém
2013

Alba Rocio Aguilar Piratoba

Avaliação da Influência do Polo Industrial de Barcarena na Qualidade Ambiental dos Recursos Hídricos Superficiais na sua Área de Abrangência.

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Ciências Ambientais no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais.

Universidade do Estado do Pará.

Orientadora: Profa. Dra. Hebe Morganne Campos Ribeiro.

Belém
2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP),
Biblioteca do Centro de Ciências Naturais e Tecnologia, UEPA, Belém - PA.

P667a Piratoba, Alba Rocio Aguilar

Avaliação da influência do polo industrial de Barcarena na qualidade ambiental dos recursos hídricos superficiais na sua área de abrangência. / Alba Rocio Aguilar Piratoba; Orientação Hebe Morganne Campos Ribeiro. -- Belém, 2013.

79f. : il.; 30 cm.

Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade do Estado do Pará, Centro de Ciências Naturais e Tecnologia, Belém, 2013.

1. Água - Qualidade - Barcarena (PA). 2. Águas residuais 3. Poluição - água. I. Ribeiro, Hebe Morganne Campos. II. Título.

CDD 628.161

Alba Rocio Aguilar Piratoba

Avaliação da Influência do Polo Industrial de Barcarena na Qualidade Ambiental dos Recursos Hídricos Superficiais na sua Área de Abrangência.

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Ciências Ambientais no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais.
Universidade do Estado do Pará.

Data da aprovação: 26 de março de 2013

Banca Examinadora

Profa. Hebe Morganne Campos Ribeiro - Orientadora
Doutora em Engenharia Elétrica
Universidade do Estado do Pará

Profa. Suezilde da Conceição Amaral Ribeiro - Examinadora
Doutora em Engenharia de Alimentos
Universidade do Estado do Pará

Profa. Lucy Anne Cardoso Lobão Gutierrez - Examinadora
Doutora em Geologia e Geoquímica
Universidade do Estado do Pará

Aos meus pais Patricia e Buenaventura e a minha irmã
Angela pelo amor e apoio nestes anos de estudo.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradeço a Deus, pela vida, pela minha família e pelos amigos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal ao Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudo.

À Universidade do Estado do Pará pela oportunidade de estudar no programa de Mestrado de Ciências Ambientais.

Ao projeto Qualidade dos Recursos Hídricos para o consumo humano na área de abrangência do Polo Industrial de Barcarena Pará da FAPESPA edital 013/2009 pelo financiamento para as coletas e análises.

À minha orientadora a professora Hebe Morganne pelos contínuos aportes na elaboração da minha dissertação.

Aos meus pais e a minha irmã pelo estímulo de retornar aos estudos, pelo fato de suportar a minha ausência neste tempo e pela cumplicidade na minha vida.

Ao meu tio Gundy, pelo estímulo de retornar aos estudos.

À banca examinadora pela sua disponibilidade e aportes no presente estudo.

À minha prima Nathaly pela companhia neste tempo e porque ela representa o apoio da minha família neste objetivo.

À minha família que me apoiaram nesta viagem e me estimularam para retornar e continuar com os estudos.

Ao meu cunhado Isidro, pela amizade, e cada palavra de fortaleza e carinho.

Aos meus colegas de classes Ananda, Daniele, Cristino, Rodolfo, Douglas, pelas contribuições nas disciplinas e especialmente a Patrícia, Caio, e Alex pela ajuda, às correções com meu português pela sinceridade e amizade incondicional que me brindam.

A Irlani e Erika, estagiarias que me ajudaram com as análises de laboratório.

Ao meu amigo Edgar pela sua amizade e o estímulo de continuar estudando.

Ao corpo docente do Mestrado em Ciências Ambientais da UEPA, pelos ensinamentos.

Ao pessoal da Labohi, pela ajuda brindada dentro e fora do laboratório.

Muito obrigada ao pessoal que me ajudou nas coletas.

Concluo agradecendo a todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram na realização deste estudo.

“A água é o veículo da natureza”

“El agua es el vehículo de la naturaleza”.

Leonardo DA Vinci

RESUMO

Na região Amazônica existe uma grande quantidade de recursos hídricos ainda pouco estudados, a ideia equivocada que quantidade significa qualidade tem permitido o uso inadequado dela. Com o contínuo crescimento populacional, a demanda por diferentes produtos tem aumentado, e na maioria das atividades de produtividade a água é um recurso necessário. Igualmente nesta região existem outros recursos naturais bióticos e abióticos de grande interesse exploratório como jazidas minerais. Diante disso no município de Barcarena- PA pela presença do Polo Industrial considera-se que suas atividades industriais tem um efeito nos recursos hídricos da região. O objetivo do presente estudo foi realizar uma avaliação de parâmetros da qualidade da água em um trecho do Rio Pará, selecionando quatro pontos de amostragem e realizando duas coletas sazonais, num período de 12 horas com intervalos de 90 minutos. Nas amostras foram determinadas medidas de pH, temperatura, condutividade, sólidos totais, STD, cor, turbidez, fósforo total, nitrogênio total, sulfato, oxigênio dissolvido, DBO, sódio, cálcio, potássio, cloreto, alcalinidade e dureza. Para a análise estatística, foi utilizado o testes estatísticos ANOVA e Tukey, de dois fatores, sendo estes, a localização dos pontos de amostragem e a sazonalidade, igualmente a interação entre eles e assim determinar se tem influência significativa nos teores médios de cada parâmetro com um nível de significância de 5%. Na maioria dos parâmetros os fatores e suas interações tiveram influência significativa nos valores médios dos parâmetros analisados, porém em alguns casos as médias de dois o mais pontos nos parâmetros não tiveram diferenças, mostrando que diversos fatores alteram o mantem a composição físico-química da água.

Palavras-chave: Qualidade, Parâmetros, Água, Barcarena.

ABSTRACT

In the Amazon region there is a large quantity of water resources still little studied, the mistaken idea that quantity means quality has allowed the inappropriate use of it. With the continued population growth, the demand for different products has increased, and most of the activities of productivity of the water is necessary resource. Also in this region there are other natural resources biotic and abiotic of great interest exploratory as of mineral deposits. In view of this in Barcarena-PA by the presence of the Polo Industrial considered that its industrial activities have an effect on the water resources of the region. The objective of this study was to perform an evaluation of water quality parameters in a stretch of the Rio Para, selecting four sampling sites and performing two seasonal sampling in a period of 12 hours with 90-minute intervals. The samples were determined measures pH, temperature, conductivity, total solids, STD, color, turbidity, total phosphorus, total nitrogen, sulfate, dissolved oxygen, BOD, sodium, calcium, potassium, chloride, alkalinity and hardness. For statistical analysis was performed using the ANOVA and Tukey two factors, and they in the location of the sampling points and seasonality also the interaction between them and thus determine whether it has any significant difference on average contents of each parameter with a significance level of 5%. In most parameters factors and their interactions had a significant influence on the mean values of the parameters analyzed but in some cases the average of two more points in the parameters were no different, showing that many factors change keeps the physic-chemical water.

Keywords: Quality Parameters, Water, Barcarena.

LISTA DE TABELAS

ARTIGO

Tabela 1	Georreferenciamento dos pontos de amostragem	41
Tabela 2	Teste Tukey parâmetro pH	44
Tabela 3	Teste Tukey parâmetro condutividade	44
Tabela 4	Teste Tukey parâmetro temperatura	46
Tabela 5	Teste Tukey parâmetro oxigênio dissolvido	46
Tabela 6	Teste Tukey parâmetro STD	48
Tabela 7	Teste Tukey parâmetro sólidos totais	49
Tabela 8	Teste Tukey parâmetro cor	50
Tabela 9	Teste Tukey parâmetro turbidez	51
Tabela 10	Teste Tukey parâmetro cloreto	53
Tabela 11	Teste Tukey parâmetro sódio	53
Tabela 12	Teste Tukey parâmetro potássio	55
Tabela 13	Teste Tukey parâmetro cálcio	56
Tabela 14	Teste Tukey parâmetro alcalinidade	57
Tabela 15	Teste Tukey parâmetro dureza	58
Tabela 16	Teste Tukey parâmetro fósforo	59
Tabela 17	Teste Tukey parâmetro sulfato	60
Tabela 18	Teste Tukey parâmetro DBO	61
Tabela 19	Teste Tukey parâmetro nitrogênio	62

LISTA DE FIGURAS

INTRODUÇÃO GERAL

Figura 1	Distribuição superficial da água doce no planeta Terra	20
Figura 2	Metabolismo de microrganismos heterotróficos	31

ARTIGO

Figura 1	Localização da área de estudo e dos pontos de amostragem	41
Figura 2	Teores médios de pH e condutividade	45
Figura 3	Teores médios de temperatura e oxigênio dissolvido	47
Figura 4	Teores médios de sólidos totais dissolvidos e sólidos totais	49
Figura 5	Teores médios de cor e turbidez	52
Figura 6	Teores médios de cloreto e sódio	54
Figura 7	Teores médios de potássio e cálcio	56
Figura 8	Teores médios de alcalinidade e dureza	58
Figura 9	Teores médios de fósforo total e sulfato	61
Figura 10	Teores médios de DBO e nitrogênio total	63

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA -	Agencia Nacional de Águas
ANBT -	Associação Brasileira de Norma Técnicas
ANOVA –	Análises de Variância
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal ao Nível Superior
CEPAL -	Comissão Econômica para América Latina e o
CETEBs –	Companhia Ambiental do Estado do São Paulo
CONAMA -	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO -	Demanda bioquímica de oxigênio
DEMA -	Delegacia do Meio Ambiente
EIA -	Estudo de Impacto Ambiental
ETA -	Estação de Tratamento de Água
INMET -	Instituto Nacional de Meteorologia
IQA -	Índice de Qualidade da Água
IRCC -	Imerys Rio Capim Caulim
LABOHI –	Laboratório de Hidrocarbonetos
OD -	Oxigênio dissolvido
OMS -	Organização Mundial da Saúde
PPSA -	Pará Pigmentos S.A
RIMA -	Relatório de Impacto Ambiental
SEP -	Secretaria Especial de Portos
SEPOF -	Secretaria Executiva de Estado de Planejamento, Orçamento e
UEPA -	Universidade do Estado do Pará
UFPA -	Universidade Federal do Pará
UNT	Unidades nefelométrica de turbidez
UNEP -	United Nations Environment Programme
USIPAR -	Usina Siderúrgica do Pará
WHO -	World Health Organization

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
OBJETIVOS	18
FUNDAMENTO TEÓRICO	19
A ÁGUA NO PLANETA	19
O CICLO HIDROLÓGICO	21
COMPOSIÇÃO DAS ÁGUAS NATURAIS	23
PARÂMETROS DA QUALIDADE DA ÁGUA	26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35
ARTIGO	37
Caracterização de Parâmetros de Qualidade da Água nos Recursos Hídricos na Área Portuária de Barcarena- PA	37
RESUMO	37
ABSTRACT	37
INTRODUÇÃO	39
METODOLOGIA	39
RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
CONCLUSÕES	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
APÊNDICE 1 Valores de pH nos pontos de amostragem	68
APÊNDICE 2 Valores de condutividade nos pontos de amostragem	68
APÊNDICE 3 Valores de temperatura nos pontos de amostragem	69
APÊNDICE 4 Valores de sólidos totais nos pontos de amostragem	69
APÊNDICE 5 Valores de oxigênio dissolvido nos pontos de amostragem	70
APÊNDICE 6 Valores de STD nos pontos de amostragem	70
APÊNDICE 7 Valores de turbidez nos pontos de amostragem	71
APÊNDICE 8 Valores de cor nos pontos de amostragem	71
APÊNDICE 9 Valores de fósforo total nos pontos de amostragem	72
APÊNDICE 10 Valores de DBO nos pontos de amostragem	72
APÊNDICE 11 Valores de cloreto nos pontos de amostragem	73
APÊNDICE 12 Valores de sulfato nos pontos de amostragem	73
APÊNDICE 13 Valores de sódio nos pontos de amostragem	74
APÊNDICE 14 Valores de cálcio nos pontos de amostragem	74
APÊNDICE 15 Valores de potássio nos pontos de amostragem	75
APÊNDICE 16 Valores de alcalinidade nos pontos de amostragem	75
APÊNDICE 17 Valores de nitrogênio total nos pontos de amostragem	76
APÊNDICE 18 Valores de dureza nos pontos de amostragem	76
APÊNDICE 19 Dados da análise de variância	77
ANEXO 1: Normas para a publicação Revista Sociedade & Natureza	78

INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural importante, sendo necessária para as atividades fisiológicas de todos os seres vivos, manutenção de comunidades e ecossistemas aquáticos e para diferentes atividades da humanidade. Embora a água seja a substância mais frequente no planeta Terra, com uma cobertura de mais de 75% de água, só uma pequena quantidade é água doce. Até o momento a Terra é o único planeta conhecido onde a água pode ser encontrada nos três estados, vapor, líquido e sólido, desenvolvendo através de trocas de estado um movimento de circulação na biosfera (ESTEVES, 2011). A água se distribui de um modo irregular, no tempo e no espaço, em função das condições geográficas, climáticas e meteorológicas. A água, embora seja um recurso renovável, deve, então, ser considerada como recurso finito e de ocorrência aleatória (ESTEVES, 2011; BART, ABRH, 1987 apud SETTI, 1996).

O Brasil é um dos países que tem maiores reservas de água doce no mundo, tem uma responsabilidade ímpar de proteger estes recursos, que num futuro próximo será um dos principais produtos das sociedades em todo o mundo (ESTEVES, 2011). Estimativas determinam que entre o 12% e 16% do total da água doce está no Brasil distribuída desigualmente (TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2008).

Desde o início da humanidade as comunidades se estabelecem nas margens dos corpos d'água, já que as principais atividades de desenvolvimento e sobrevivência dependem deste recurso. Porém, sem sustentabilidade, este crescimento cria possibilidades de escassez e até conflitos, visando garantir o suprimento (BARBOSA & CIMINELLI, 2008). Entre as ameaças mais importantes da escassez das águas estão: o uso indiscriminado, a degradação do meio ambiente e dos reservatórios hídricos, a poluição, as secas, o crescimento populacional e a desigualdade na distribuição dos recursos.

A água tem a capacidade de diluir e assimilar esgotos e resíduos, mediante processos químicos, físicos e biológicos que proporcionam sua autodepuração, mas esta capacidade é limitada à quantidade e qualidade de recursos hídricos existentes ao

receber a carga de esgotos e resíduos e o tipo e quantidade desta carga poluidora (SETTI, 1996).

Desde a revolução industrial a poluição dos recursos hídricos se intensificou e continuamente vem agravando-se. As atividades industriais, de mineração e de metalúrgica são intensivas no uso da água. A utilização da água esta associada a todas as etapas da atividade de mineração: desde a fase inicial de pesquisa mineral e a lavra até o beneficiamento dos mineiros e a produção final (BARBOSA & CIMINELLI, 2008). Os minerais se acham distribuídos em todas as rochas da crosta terrestre, mas só são explorados quando encontrados em grandes concentrações, as jazidas não ocorrem de forma aleatória, mas estão associados a rochas e suas sequências que durante sua formação ou evolução apresentaram condições físicas e químicas favoráveis para a concentração e retenção do elemento (SANTOS, 2002). Idem a Amazônia tem um grande potencial para a descoberta de bens minerais, especialmente em áreas do pré-cambriano, onde se encontram os maiores depósitos minerais metálicos e na Amazônia esta região corresponde a cerca de 40%.

Com tudo isto o interesse de explorar o subsolo para o aproveitamento destes recursos necessita de locais complexos para a exploração, ajuntamento, processamento e/ou beneficiamento de um produto. No município de Barcarena- PA num trecho das margens do rio Pará na Baía de Guajará a concentração de atividades empresariais inicialmente resultou do processo de reestruturação locacional na indústria mundial do alumínio, sendo escolhida como um polo para indústrias destinadas na transformação industrial da bauxita em alumina e alumínio primário (MONTEIRO et al., 2008). Idem na década dos anos 70 é consolidada a Alumina do Brasil S.A. (Alunorte) e a Alumínio do Brasil S.A (Albras), no local foi construído o porto Vila do Conde, para atender as demandas de carga e descarga, logo na década dos anos 90 duas novas empresas iniciam uma operação experimental, a Pará Pigmentos S.A. e a Imerys Rio Capim Caulim S.A. com beneficiamento de caulim; e atualmente outras empresas tem funcionamento no denominado Polo Industrial do Município de Barcarena- PA, como a Usina Siderúrgica do Pará- USIPAR, Alubar (fabricação de vergalhões de alumínio), a

unidade de produção de fertilizantes da Bunge (SEP, 2010), ligados ou não com os empreendimentos da área.

Em virtude disso, é de vital importância fazer um monitoramento ambiental dos recursos hídricos em áreas como o Polo Industrial de Barcarena já que os corpos d'água funcionam como efetivos receptores de efluentes. O Conselho Nacional de Meio Ambiente na Resolução 357 de 2005 no Artigo 1 "dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes", ferramenta que permite fazer um enquadramento ambiental dos recursos hídricos, e o cumprimento das normas por parte dos agentes poluidores. O Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas, lançado pela Agência Nacional das Águas (ANA) tem o objeto de conhecer a qualidade dos recursos hídricos superficiais do país, mais segundo o banco de dados da ANA, diferentes estados do Brasil entre eles o Pará, não possuem as ferramentas necessárias para desempenhar este trabalho. Com a pouca documentação disponível de estudos relacionados à qualidade da água na Região, uma avaliação de alguns parâmetros físico-químicos nos recursos hídricos superficiais é oportuna, para a ampliação das informações.

O presente trabalho teve como objetivo fazer uma avaliação de alguns parâmetros físico-químicos nos recursos hídricos superficiais na área de abrangência do Polo Industrial do município de Barcarena- PA. Para a interpretação dos resultados utilizou-se o teste estatístico de Análises de Variância (ANOVA) de dois fatores, com a finalidade de estabelecer se existe influência nos teores médios para cada parâmetro, considerando os fatores, localização de quatro pontos de amostragem e sazonalidade. Foram determinadas análises de temperatura, pH, condutividade, oxigênio dissolvido, sólidos totais, sólidos totais dissolvidos, cor, turbidez, cloreto, dureza, alcalinidade, sódio, cálcio, potássio, demanda bioquímica de oxigênio, fósforo total, sulfato e nitrogênio total.

O presente trabalho são apresentados os resultados do estudo no artigo intitulado "Caracterização de Parâmetros de Qualidade da Água nos Recursos Hídricos na Área Portuária de Barcarena- PA". artigo sujeito a ser publicado na área de

concentração Interdisciplinar da Revista Sociedade & Natureza INSS 1982-4513 e no ANEXO 1 estão as normas da revista. São incluídos os apêndices e os anexos, que complementam melhor as informações do presente trabalho.

OBJETIVO

OBJETIVO GERAL

Avaliar a alteração da qualidade ambiental dos recursos hídricos superficiais na área de abrangência do Polo Industrial de Barcarena que atuam como corpos receptores dos efluentes, em quatro pontos de amostragem georreferenciados, num trajeto do rio Pará em dois períodos sazonais.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar e analisar os parâmetros físico-químicos de temperatura, pH, condutividade, oxigênio dissolvido, sólidos totais, sólidos totais dissolvidos, cor, turbidez, nitrogênio total, sulfato, fósforo total, cloreto, dureza, alcalinidade, demanda bioquímica de oxigênio, sódio, cálcio e potássio, nos recursos hídricos da área portuária de Barcarena.

Comparar os teores médios de cada parâmetro analisado, entre os pontos e os períodos de amostragem, com a utilização do teste estatístico Tukey.

FUNDAMENTO TEÓRICO

A ÁGUA NO PLANETA

A quantidade de água no planeta é quase de 75% da superfície terrestre, mas, aproximadamente 97,5% esta depositada nos mares e oceanos, caracterizada por ser salgada, impossibilitando seu uso (PNUMA, 2004; REBOÇAS et al, 2002). Os outros 2,5% correspondem à água doce, sendo que o 1,72% está presente na forma de neve ou gelo permanentemente, mais uma parte importante está nos reservatórios subterrâneos e corresponde a 0,72%, restando só 0,06% do total da água, nos rios, lagos, biomassa, etc., (ANA, 2012; ESTEVES, 2011).

A água em seus diferentes estados físicos de maneira geral tem um movimento na biosfera entre compartimentos e suas quantidades relativas e as taxas de troca entre eles caracterizam um estado dinâmico. O tempo de residência de uma molécula de água nos diferentes compartimentos é variável, podendo ser desde horas na biomassa ou de milhares de anos nos solos gelados, considerando que a água está sempre fluindo, se misturando, congelando, derretendo, evaporando e precipitando (ESTEVES, 2011; GARDUÑO et al, 2007).

Os grandes rios e lagos da Terra são importantes reservatórios de água doce, se encontram no interior dos continentes e drenam extensas áreas a seu passo como os rios, estes reservatórios são importantes para a sobrevivência de organismos, animais, plantas e a humanidade (TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2008).

A distribuição da água no planeta não é uniforme, por isso, cidades e países inteiros sofrem grandes depressões pela falta deste recurso, na figura 1 pode-se observar a distribuição superficial da água doce no planeta Terra (ROCHA et al, 2009). De acordo com o relatório divulgado pela Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (UNESCO), durante a terceira edição do Fórum Mundial da Água em Kyoto, no Japão no ano 2005, o Brasil é o país mais rico em recursos hídricos com 17% do total de água doce disponível no planeta.

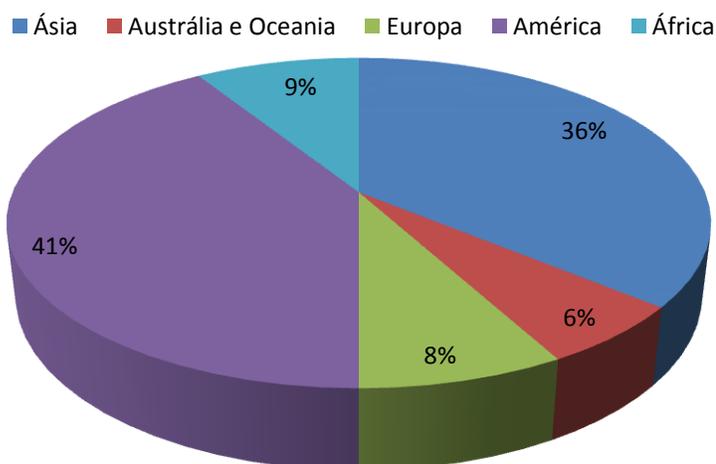


Figura 1 Distribuição superficial da água no planeta terra
 Fonte: UNESCO, 2012

A UNESCO calcula que no ano 2050 entre 2 a 7 bilhões de pessoas serão afetadas pela falta de água, pois com a população em crescimento, a demanda por água doce aumenta para usos como: agricultura, indústria, serviços domésticos, geração de energia elétrica, pesca, recreação, e até a recepção de efluentes industriais e domésticos de forma controlada (TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2008; VON SPERLING, 2007; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006). Em geral no Brasil e muitos outros países em desenvolvimento as principais problemáticas tem a ver com a preservação e o manejo dos recursos hídricos, o que diz respeito à contaminação por efluentes domésticos e industriais (UNESCO, 2012; ANA, 2012; ROCHA, 2009; VON SPERLING, 2007).

A grande proporção de água na superfície do planeta provoca uma idéia equivocada que a água possa ser considerada uma substância infinita quando consideradas as necessidades do planeta (ESTEVES, 2011). A ONU (2005) apud ESTEVES, (2011), instituiu entre 2005 e 2015 a década da água, com a preocupação central de chamar a atenção para a necessidade de considerar a água como um recurso finito, e mostrar que a perda crescente de sua qualidade compromete seus múltiplos usos, diminuindo assim sua disponibilidade. Desta forma, é essencial reconhecer que a água é um recurso finito, com múltiplos usos e com um padrão muito claro de circulação (ESTEVES, 2011).

O CICLO HIDROLÓGICO

A água tem a peculiaridade de estar em constante movimento e mudanças no ambiente, os processos de transporte de massa têm lugar na atmosfera, em terra e nos oceanos e o conjunto desses processos é chamado de ciclo hidrológico (ANA, 2012; ESTEVES, 2011; SETTI, 1996; ODUM 1983). Este se constitui basicamente em um processo contínuo de transporte de massas d'águas do oceano para a atmosfera e desta através de precipitações e escoamento novamente ao oceano (ESTEVES, 2011). O ciclo hidrológico é o princípio unificador fundamental de tudo a que se refere à água no planeta (TUNDISI & MATSUMURA- TUNDISI, 2008).

De acordo com Esteves (2011); Tundisi & Matsumura- Tundisi (2008) os componentes que permitem a circulação da água no planeta são:

Precipitação, que é a água que cai na superfície da Terra a partir da atmosfera, na forma de chuva, neve, granizo ou orvalho, formada a partir de resfriamento do ar à proximidade da saturação, logo uma condensação do vapor das gotículas, que por coalescência aumentam de tamanho até que estejam grandes o suficiente para precipitar.

Evaporação, que é a transformação da água líquida para uma fase gasosa (vapor d'água). A maior parte se dá nos oceanos, e depende de fatores como a temperatura e da umidade relativa do ar.

Transpiração, processo de perda de vapor d'água pelas plantas, dispersando-se para a atmosfera.

Infiltração, que é o processo pelo qual a água atinge o subsolo, formando os lençóis d'água, a água subterrânea tem um papel importante na alimentação dos corpos d'água superficiais, o ideal é que o solo não seja modificado

Escoamento superficial, é responsável pelo deslocamento da água sobre o terreno, formando córregos, lagos e rios e finalmente atingindo o mar; a quantidade de água que escoar depende da intensidade da chuva e da capacidade de infiltração do solo (permeabilidade).

De outro lado a energia solar é importante no ciclo hidrológico já que uma minúscula parte da energia procedida do Sol chega na forma de calor aquecendo a superfície e evaporando a água que está nela, a água começa o processo de ascensão na atmosfera, deixando sais para trás; ao subir na Troposfera essa água destilada em forma de vapor, inicia-se a esfriar, e os movimentos complexos das gotículas acabam por fazê-las chocarem entre si constituindo gotas maiores as quais formam as nuvens pelo processo de coalescência, este processo é altamente complexo onde influem o calor do sol, a rotação da Terra, a conformação dos continentes, a temperatura dos oceanos entre outros que permitem a movimentação da atmosfera. As nuvens são levadas pelos ventos e os movimentos turbulentos mantem as gotas suspensas no interior das nuvens sem cair, porém os movimentos fazem que a coalescência ocorra com maior frequência, o que acarreia o aumento do tamanho das gotas tornando-as suficientemente pesadas e assim a força gravitacional as faz precipitar voltando novamente à superfície.

A água cai no oceano e na superfície continental, a água que cai no solo se infiltra, movimentando-se lentamente em direção do fundo, as plantas começam por meio do sistema radicular a absorver água, outra porção de água continua descendo até chegar onde os poros estão saturados de água, região chamada de lençol freático, finalmente quando a intensidade de chuvas é maior que a capacidade do solo de absorver a água, as depressões na superfície começam a se alagar, estes alagamentos se transbordam surgindo pequenos filetes d'água nos terrenos juntando-se entre eles formando enxurradas que descem pelas colinas em direção aos rios (ANA, 2012).

Ate o final da década de 1980 acreditava-se que o ciclo hidrológico no planeta era fechado (que a quantidade total de água permanece igual desde o início da Terra) porém, descobertas sugerem que pequenos cometas (de bolsas de neve) provenientes de outras regiões do Sistema Solar atingiram a atmosfera terrestre, as chuvas de bolsas de neve são vaporizadas quando se aproximavam à atmosfera terrestre podendo ter acrescentado 3 trilhões de toneladas de água a cada 10 mil anos (FRANK, 1990; PIELOU, 1998 apup, TUDISI &TUNDISI 2008). Os volumes estocados em cada um dos grandes reservatórios (oceanos, calotas polares, geleiras, água subterrânea) podem ter

variado durante milhões de anos em níveis não imaginados (REBOUÇAS, 2006 apud ESTEVES 2011).

Estudos recentes têm projetado modelos que mostram que algumas alterações no ciclo hidrológico podem ser pelas mudanças globais relacionadas com o aumento da temperatura média global que promoverá alterações nos regimes de precipitações tornando as mais intensas, podendo modificar drasticamente a distribuição e extensão dos principais biomas terrestres e dos sistemas aquáticos continentais (ESTEVES, 2011). Estimasse incrementos na evaporação, porque uma atmosfera mais aquecida pode conter mais umidade e as temperaturas mais elevadas aumentam as taxas de evaporação, com relação à precipitação às mudanças, não são lineares ao longo do tempo e mostram uma variabilidade decenal importante; a modelagem empregando cenários hipotéticos que mostra padrões complexos de mudanças com algumas regiões que ganharam menos e outras mais precipitações, o resultado das mudanças na temperatura e as precipitações tem efeito direto no escoamento d'água, na disponibilidade e na qualidade dos recursos hídricos (IPCC 2008, 2007 apud OCAMPO, 2011).

COMPOSIÇÃO DAS ÁGUAS NATURAIS

A água é o solvente universal, transportando gases, elementos, substâncias, compostos orgânicos dissolvidos que são a base da vida no planeta (TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2008). Pela complexidade do ciclo hidrológico acredita-se que a água da chuva é pura, o qual não é verdade, pois pelas passagens de um estado ao outro e o contato com diferentes ambientes dentro das etapas do ciclo à água confere-lhe uma natureza química. A água natural contém grande quantidade de substâncias dissolvidas; a presença destas espécies químicas na água está diretamente relacionada com a geoquímica do solo e das rochas nas bacias hidrográficas que drenam os rios e lagos (TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2008; DREVER, 1988).

A composição da água depende dos ambientes naturais que a rodeiam, entretanto as águas de chuvas possuem um pH no intervalo de 4 a 6, e as águas

ácidas tem maior potencial de erosão porque a abundância em H^+ desloca os íons solúveis (Na^+ , K^+ , Ca^+ , Mg^{2+}) dos minerais formadores de rocha (ALBARÉDE, 2009).

Por outro lado a atmosfera tem um papel importante na adição de substâncias à água, locais com atividade vulcânica liberam gases nas erupções combinando-se com a água, também as atividades antrópicas como as fábricas de chaminés aportam vários íons como o HSO_4 e óxidos de nitrogênio que unidos com as águas das precipitações formam a chuva ácida, a qual pode chegar a valores de pH abaixo de 4.

Segundo Tundisi & Matsumura- Tundisi (2008) a água também tem gases como o nitrogênio importante para um grupo de organismos, o O_2 principal componente nos processos respiratórios e o CO_2 que pode ser limitante aos produtores primários sob certas condições. Idem, elementos traço são importantes para alguns organismos, mas podem ser tóxicos em elevadas concentrações, principalmente por descargas industriais ou processos naturais como em áreas de influência vulcânica. Segundo Esteves (2011) os elementos-traços são os elementos químicos que ocorrem na natureza, de um modo geral em pequenas concentrações, não apresentando quantidades superiores a 0,1%, este termo também inclui elementos de diferentes propriedades químicas. Alguns elementos traços como Mg, Fe, Zn, Mn, Cu, Co, Mo, e B são essenciais aos seres vivos ainda que em pequenas concentrações e tem um importante papel no metabolismo dos organismos aquáticos pois participam de um grande número de processos fisiológicos, como o Mg na fotossíntese, o Fe e Cu na cadeia respiratória, o Mo na fixação do nitrogênio, muitos outros servem de cofatores de enzimas e participam na estrutura de determinadas proteínas. Outros elementos traços como Hg, Pb, Cd, Ag, Cr, Ni e Sn entretanto não tem função biológica conhecida e geralmente são tóxicos a uma grande variedade de organismos, as fontes naturais de estes elementos são o intemperismo de rochas e erosão de solos ricos nestes materiais, alguns elementos traço chegam à atmosfera que logo atingem os ecossistemas aquáticos destacando-se o aerossol marinho e o biogênico, resultante da desintegração e dispersão de plantas e animais, queimas naturais e outras partículas carregadas pelo vento.

Da mesma forma substâncias orgânicas presentes na água são de diferentes origens com variadas reações na água, dependendo ainda de processos de fotorredução e foto-oxidação, estas substâncias representam vários estágios de decomposição de vegetação natural e seu papel nos sistemas aquáticos continentais é fundamental. Segundo Moss (1998) apud Tundisi & Matsumura- Tundisi (2008) existem diversas origens e natureza das substâncias orgânicas dissolvidas na água as quais estão resumidas no quadro 1.

A matéria orgânica dissolvida na água de modo geral é classificada em dois grupos, sendo um de substâncias húmicas e outro de substâncias não húmicas, as primeiras denominadas como substâncias orgânicas biogênicas que ocorrem naturalmente, de grande heterogeneidade com característica cor amarelo e preto, de alto peso molecular e refratárias, Akien et al., (1985) apud Tundisi & Matsumura- Tundisi (2008) definem como ácidos húmicos aqueles que não são solúveis em águas com pH ácido (abaixo de 2) mas podem ser solúveis em pH mais elevado; as segundas tais como aminoácidos, carboidratos, graxas e resinas. As substâncias húmicas estão presentes em todas as águas naturais como moléculas dissolvidas, suspensões coloidais ou matéria particulada sendo a primeira a que tem maior impacto na biologia química das águas (TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2008).

Quadro 1 Origens e natureza de substâncias orgânicas dissolvidas na água

Origem	Natureza
Origem nos organismos vivos, nas bacias hidrográficas.	Derivados orgânicos dissolvidos nas águas de drenagem
Proteínas	Metano, peptídeos, aminoácidos, uréia, fenóis, marcaptanas, ácidos graxos, melanina
Lipídios (gorduras, óleos, hidrocarbonetos)	Metano, ácidos alifáticos, ácidos (acético, glicólico, láctico, cítrico, palmítico, oleárico), carboidratos, hidrocarbonetos
Carboidratos (celulose, amido, hemicelulose, lignina)	Metano, glicose, frutose, ambinose, ribose, xilose, ácidos húmicos, fúlvicos, taninos.
Porfirinas e pigmentos, clorofilas de plantas (carotenoides)	Fitano, pristano, álcoois, cetanos, ácidos porfirinas, isoprenóides

Fonte: Moss (1998) apud Tundisi & Matsumura- Tundisi (2008)

A importância da água para a vida provém das suas características físicas e químicas que por sua vez resultam da sua estrutura molecular (KRAMER, 1995). Para a Organização Mundial da Saúde (OMS) e seus países membros, “todas as pessoas, em

qualquer estágio de desenvolvimento e condições socioeconômicas têm o direito de ter acesso a um suprimento adequado de água potável e segura”. Porém, o uso da água pelo ser humano para qualquer finalidade resulta na deterioração de sua qualidade, limitando geralmente seu potencial de uso (SARDINHA, et al., 2008). Os recursos hídricos cada vez são mais utilizados, principalmente no contínuo desenvolvimento das regiões aumentando seus usos, elevando a maior grau os riscos de degradação dos mesmos. Aliás, segundo a resolução CONAMA 357 (2005) na própria classificação das águas doces faz ênfase na importância da preservação do equilíbrio natural dos ambientes e/ou comunidades aquáticas da recreação e do lazer, na irrigação de hortaliças e frutas, proteção de comunidades aquáticas em Terras Indígenas. Pela importância da água nas atividades humanas foi indispensável criar normas que disciplinassem a utilização dos recursos hídricos pelos diversos segmentos da sociedade, principalmente pelas indústrias, companhias de saneamento e produtores rurais (MIERZWA, et al., 2005). Idem a disponibilidade de água em um local é variável no tempo e no espaço, também condicionada pelas condições climáticas de cada região e período do ano.

PARÂMETROS DA QUALIDADE DA ÁGUA

Segundo Von Sperling (2007), os diversos componentes presentes na água e que alteram seu grau de pureza podem ser retratados, de uma maneira ampla e simplificada, em termos de suas características físicas, químicas e biológicas, traduzidas em forma de parâmetros de qualidade da água. Frequentemente mais não necessariamente eles são apresentados como concentrações de substâncias presentes na água, alguns dos principais parâmetros da qualidade da água são:

Temperatura: É a medição da intensidade de calor. De origem natural pela transferência de calor por radiação, condução e convecção (atmosfera e solo) e de origem antropogênica por águas de torres de resfriamento e despejos industriais. Sua importância enfatiza em que sua elevação, aumenta a taxa das reações físicas, químicas e biológicas, ou diminuem a solubilidade dos gases como o oxigênio dissolvido (OD). A utilização mais frequente do parâmetro é na caracterização de

corpos d'água e de águas residuárias brutas. Nas resoluções CONAMA 403 e 357, se encontram os padrões permitidos de lançamento de efluentes em corpos da água, no quadro 2 pode-se observar estes valores permitidos.

Potencial hidrogeniônico (pH): Este parâmetro representa a concentração de íons hidrogênio H^+ (em escala antilogarítmica), expressando o grau de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água, a faixa de medida é de 1 a 14. Os constituintes responsáveis são os sólidos dissolvidos, gases dissolvidos, que podem ser de origem natural pela dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica o processos fotossintéticos e de origem antropogênica pelo lançamento de despejos domésticos e/ou industriais. Em termos de saúde pública não tem implicação (excetuando valores extremadamente baixos ou elevados), é medida importante em diversas etapas do tratamento da água (coagulação, desinfecção, controle da corrosividade, remoção de dureza) (VON SPERLING, 2007). Os organismos aquáticos estão geralmente adaptados à neutralidade, em efeito alterações bruscas do pH na água podem acarretar seu desaparecimento, alterações nos valores do pH também podem aumentar o efeito de substâncias químicas que são tóxicas para os organismos aquáticos tais como os metais pesados (ANA, 2012). A interpretação dos resultados em termos de tratamento e abastecimento público frequentemente o pH tem que ser corrigido antes e/ou depois da adição de produtos químicos no tratamento; em termos de tratamento de águas residuárias os valores de pH afastados da neutralidade tendem a afetar as taxas de crescimento dos microrganismos e em termos de corpos d'água valores elevados pode estar associado á proliferação de algas. Igualmente valores baixos ou elevados podem ser indicativos da presença de efluentes industriais. No quadro 2 pode-se observar as condições e padrões da qualidade da água do pH permitidos pelo CONAMA 357.

Sólidos: Todas as impurezas da água, com exceção dos gases dissolvidos contribuem para a carga de sólidos presentes nos corpos d'água. Em saneamento, os sólidos nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida durante um tempo fixado (CETESB, 2012). Segundo Von Sperling (2007) os sólidos

fazem parte das características físicas de uma amostra de água e eles estão divididos em sólidos suspensos, coloidais e dissolvidos. Quando os resíduos sólidos se depositam nos leitos dos corpos d'água podem causar seu assoreamento, que gera problemas para a navegação e pode aumentar o risco de enchentes. Além disso podem causar danos à vida aquática pois ao se depositarem no leito eles destroem os organismos que vivem nos sedimentos e servem de alimento para outros organismos, além de danificar os locais de desova de peixes (ANA, 2012).

Oxigênio dissolvido (OD): O oxigênio é um elemento de essencial importância no metabolismo dos organismos aquáticos aeróbicos (SILVA, et al., 2007; VON SPERLING, 2007). Segundo a ANA (2012) e Von Sperling (2007) as águas poluídas por esgotos apresentam baixa concentração de OD já que ele é consumido no processo de decomposição da matéria orgânica, e dependendo da magnitude deste fenômeno, podem morrer diversa biota aquática (inclusive peixes). Uma característica notória da ausência deste gás é a geração de odores desagradáveis (VON SPERLING, 2007; BORGES, 2003). A forma constituinte é gás dissolvido, sua presença de origem natural é pela dissolução do oxigênio atmosférico e a produção dos organismos fotossintéticos (CETESB, 2012; VON SPERLING, 2007); e de origem antropogênico pela areação artificial e produção pelos organismos fotossintéticos em corpos d'água eutrofizados. Além da fotossíntese, o oxigênio também é introduzido na água através de processos físicos, que dependem das características hidráulicas dos corpos d'água (velocidade da água). Segundo o Ministério da Saúde (2006) e CETESB (2012) sua importância é dada porque o OD é o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos. Seu uso mais frequente é no controle operacional de estações de tratamento de esgotos e caracterização de corpos d'água (VON SPERLING, 2007).

O consumo de OD se deve aos processos de estabilização da matéria orgânica realizadas pelas bactérias decompositoras, as quais utilizam o oxigênio disponível no meio líquido para a respiração, baixando os valores (RACANICCHI, 2002; SENNA JÚNIOR, 2005). As águas eutrofizadas (ricas em nutrientes) podem apresentar concentrações de oxigênio superiores a 10 mg/L, situação conhecida como

supersaturação, o que ocorre principalmente em lagos e represas em que o excessivo crescimento das algas faz com que durante o dia, devido à fotossíntese, os valores de oxigênio fiquem mais elevados (ANA, 2012). Idem por outro lado, durante a noite não ocorre a fotossíntese, e a respiração dos organismos faz com que as concentrações de oxigênio diminuam bastante, podendo causar mortandades de peixes. As condições e padrões de OD aplicados para as águas doces segundo o CONAMA 357 encontra-se resumido no quadro 2.

Turbidez: Representa o grau de interferência com a passagem da luz através da água, conferindo uma aparência turva à mesma (ANA, 2012; VON SPERLING, 2007; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006). Idem, a turbidez está constituída de sólidos em suspensão que podem ser de origem natural (partículas de rocha, areia, argila e silte, algas e outros) ou antropogênica (despejos domésticos, industriais, microrganismos e erosão). Segundo a CETESB (2012) a erosão das margens dos rios em estações chuvosas é um exemplo de fenômeno que resulta em aumento da turbidez das águas, esta erosão é o principal resultado do mau uso do solo em que se impede a fixação da vegetação. As atividades da mineração assim como o lançamento de esgoto e de efluentes industriais são uma fonte que causa uma elevação na turbidez das águas (ANA, 2012). Segundo o Ministério da Saúde (2006) grande parte das águas de rios brasileiros é naturalmente turva em decorrência das características geológicas das bacias de drenagem, ocorrência de altos índices pluviométricos e práticas agrícolas muitas vezes inadequadas. Sua importância desde o ponto de vista natural não traz inconvenientes sanitários diretos, porém é esteticamente desagradável na água potável além os sólidos em suspensão podem servir de abrigo para microrganismos patogênicos, para Von Sperling (2007) quando de origem antropogênica pode estar associada a compostos tóxicos e organismos patogênicos. Em corpos d'água pode reduzir a penetração da luz, prejudicando a fotossíntese (CETESB, 2012; ANA, 2012; VON SPERLING, 2007). Seu uso mais frequente é na caracterização de águas brutas e tratadas e controle da operação das estações de tratamento de água (VON SPERLING, 2007). No quadro 2 se encontra as condições e padrões de turbidez aplicados para as águas doces segundo o CONAMA 357.

Nitrogênio: Dentro do ciclo do nitrogênio na biosfera, este se altera entra várias formas e estados de oxidação. No meio aquático o nitrogênio pode ser encontrado nas formas nitrato, nitrogênio amoniacal (amônia) e nitrito (VON SPERLING, 2007; ESTEVES, 2011; CETESB, 2012; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006; ANA, 2012). As fontes de nitrogênio nas águas naturais são diversas. Os esgotos sanitários constituem em geral a principal fonte, lançando nas águas nitrogênio orgânico devido à presença de proteínas e nitrogênio amoniacal, pela hidrólise da ureia na água, etc., (CETESB, 2012; ANA, 2012), no referente à origem antropogênico e à origem natural deve-se a constituintes de proteínas e vários outros compostos biológicos, e nitrogênio de composição celular de microrganismos (VON SPERLING, 2007). Idem a forma do constituinte responsável são os sólidos em suspensão e sólidos dissolvidos. A principal fonte de nitrato são dejetos humanos e animais estimulando o desenvolvimento de plantas, sendo que organismos aquáticos, como algas, florescem na presença destes e, quando em elevadas concentrações pode conduzir a um crescimento exagerado, processo denominado eutrofização. Já o nitrito é instável na presença do oxigênio, ocorrendo como uma forma intermediária. A presença de nitritos em água indica processos biológicos ativos influenciados por poluição orgânica. A amônia é uma substância tóxica não persistente e não cumulativa, sua concentração, que normalmente é baixa, não causa nenhum dano fisiológico aos seres humanos e animais. Grandes quantidades de amônia podem causar sufocamento de peixes. A importância deste parâmetro na análises de amostras de água é porque o nitrogênio em forma de nitrato está associado a doenças como a metemoglobinemia melhor conhecido como síndrome do bebê azul (FERNÍCOLA, et al., 1981; VON SPERLING, 2007; CAMPOS, et al., 2010), além outras enfermidades pelo consumo de águas contaminadas com nitrito em determinadas condições combinadas com aminas secundárias formam nitrosaminas, que são consideradas cancerígenas, teratogênicos e mutagênicos (CAMPOS, et al., 2010). O nitrogênio, nos processos bioquímicos de conversão da amônia a nitrito e deste, a nitrato, implica no consumo de oxigênio dissolvido do meio, quando há amônia diretamente num corpo d'água este é tóxico para os peixes (VON SPERLING, 2007). Idem em um corpo d'água a determinação da forma predominante do nitrogênio pode fornecer informações sobre o estágio da poluição. No

quadro 2 estão os padrões limites estabelecidos pelo CONAMA 357 para a forma química de nitrogênio amoniacal.

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO): É definida como a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica biodegradável por decomposição microbiana, sob condições aeróbicas para uma forma inorgânica estável. (ANA, 2012; CETESB, 2012; VON SPERLING, 2007), isto é, avalia a quantidade de OD que será consumida pelos organismos aeróbios ao degradarem a matéria orgânica. Um elevado valor da DBO pode indicar um incremento da micro-flora presente e interferir no equilíbrio da vida aquática, além de produzir sabores e odores desagradáveis. A matéria orgânica presente nos corpos d'água e nos esgotos é uma característica de primordial importância, sendo a causadora do principal problema de poluição das águas, a medida da DBO é um método indireto para a quantificação da matéria orgânica junto com a demanda química de oxigênio e a medição do carbono orgânico total (VON SPERLING, 2007). A $DBO_{5,20}$ é a quantidade de oxigênio consumido durante 5 dias em uma temperatura de 20 °C. O fenômeno de degradação biológica de compostos que ocorre nas águas naturais pode ser observado na figura 2, esta mesma representação é a que procura reproduzir sob condições controladas durante as análises do $DBO_{5,20}$. (CETESB, 2012).

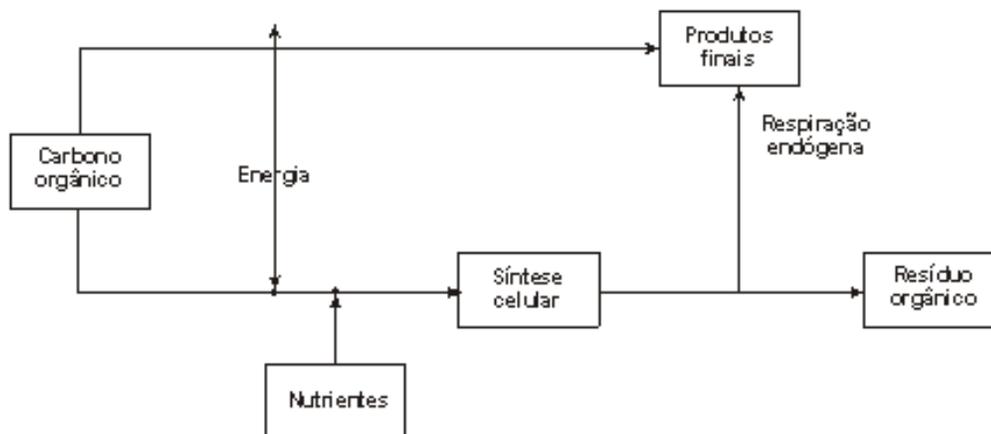


Figura 2 Metabolismo de microrganismos heterotróficos (Fonte: CETESB, 2012)

O esquema representa o metabolismo dos microrganismos heterotróficos em que os compostos orgânicos biodegradáveis são transformados em produtos finais estáveis ou mineralizados, tais como a água, gás carbônico, sulfatos, fosfatos, amônia, nitratos,

etc. Este processo consome oxigênio presente na água e libera energia contida nas ligações químicas das moléculas decompostas. Papel desempenhado por microrganismos no tratamento de esgotos, pois necessitam desta energia liberada, além de outros nutrientes que por ventura não estejam presentes em quantidades suficientes nos despejos, para exercer suas funções celulares tais como reprodução e locomoção, o que genericamente se denomina quimiossíntese. Quando ocorre a insuficiência de nutrientes no meio, os microrganismos sobreviventes passam a se alimentar do material das células que têm a membrana celular rompida processo denominado respiração endógena. Finalmente, há neste circuito, compostos que os microrganismos são incapazes de produzir enzimas que possam romper suas ligações químicas, permanecendo inalterados. Ao conjunto destes compostos dá-se o nome de resíduo não biodegradável ou recalcitrante. Os maiores aumentos em termos de DBO, num corpo d'água, são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica. A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir ao completo esgotamento do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática (ANA, 2012; CETESB, 2012). A DBO é um parâmetro utilizado mais frequentemente na caracterização de corpos d'água e das águas residuárias brutas e tratadas. No quadro 2 estão as condições e padrões estabelecidos pelo CONAMA 357 para o DBO para águas doces.

Fósforo Total: O fósforo na água apresenta-se principalmente nas formas de ortofosfato, polifosfato, e fósforo orgânico. Os ortofosfatos são diretamente disponíveis para o metabolismo biológico sem necessidade de conversões a formas mais simples (VON SPERLING, 2007). Idem as formas em que os ortofosfatos se apresentam na água (PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- , H_3PO_4), dependendo do pH, sendo a mais comum na faixa usual de pH o HPO_4^{2-} . O origem do fósforo pode ser natural ou antropogênica na primeira ordem estão as dissoluções de compostos do solo, decomposição de matéria orgânica, fósforo de composição celular de microrganismos, e na segunda ordem pelos esgotos domésticos, despejos industriais, detergentes, excrementos de animais e fertilizantes. O fósforo constitui-se em um dos principais nutrientes para os processos biológicos, ou seja, é um dos chamados macro-nutrientes, (exigido em grandes quantidades pelas células). O fósforo não apresenta problemas de ordem sanitária nas

águas de abastecimento, sendo um elemento indispensável para o crescimento de algas e quando em elevadas concentrações em lagos e represas, pode conduzir a um crescimento exagerado desses organismos (eutrofização), o fósforo é um nutriente essencial para o crescimento dos microrganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica (ESTEVES, 2011; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

Quadro 2 Padrões de qualidade da água e condições limites para águas doces classes 1, 2, 3 e 4.

Parâmetro	Limite ou faixa de aceitação	Observação
Temperatura	Até 40 °C	Lançamento de efluentes
pH	6,0 a 9,0	Águas doces classes 1, 2, 3 e 4
Nitrogênio Amoniacal	3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5 5 mg/L N, para pH > 8,5 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	Águas doces classes 1 e 2 Águas doces classe 3
Cor	Até 75 mg Pt/L	Águas doces classe 2 e 3
Turbidez	Até 40 UNT UNT 100 UNT	Águas doces classe 1 Águas doces classes 2 e 3
Fósforo total	0,02 mg/L ambiente lêntico 0,025 mg/L ambiente intermediário 0,1 mg/L ambiente lótico 0,03 mg/L ambiente lêntico 0,05 mg/L ambiente intermediário 0,05 mg/L ambiente lêntico 0,075 mg/L ambiente intermediário 0,15 mg/L ambiente lótico	Águas doces classe 1 Águas doces classe 2 Águas doces classe 3
DBO	Até 3 mg/L O ₂ Até 5 mg/L O ₂ Até 10 mg/L O ₂	Águas doces classe 1 Águas doces classe 2 Águas doces classe 3
Oxigênio dissolvido	Não inferior a 6 mg/L Não inferior a 5 mg/L Não inferior a 4 mg/L Superior a 2mg/L	Águas doces classe 1 Águas doces classe 2 Águas doces classe 3 Águas doces classe 3

Fonte: CONAMA 357 ano 2005

A interpretação dos resultados segundo Von Sperling (2007) em termos de tratamento de águas residuárias é necessário um adequado balanço C:N:P no esgoto para o desenvolvimento dos microrganismos; em lançamentos de efluentes a montante de represas com problemas de eutrofização, frequentemente se limita o P total em 1,0, a 2,0 mg/L. Em termos dos corpos d'água, os seguintes valores de P total podem ser utilizados como indicativos aproximados do estado de eutrofização de lagos (lagos tropicais, provavelmente aceitam concentrações superiores): P < 0,01-0,02 mg/L: não

eutrófico; P entre 0,01-0,02 e 0,05 mg/L: estágio intermediário : P > 0,05 mg/L: eutrófico. No quadro 2 estão consignados os padrões máximos de fósforo total para os diferentes ecossistemas aquáticos estabelecidos pelo CONAMA 357.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBARÉDE, Francis. Geoquímica: uma introdução, 2011. ISBN 978-85-7975-020-5. Cambridge University, Press, São Paulo Oficina de Textos, P 400
- AMARAL, L. A. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais, Saúde Pública. São Paulo, 2003. p. 510-514.
- ANA 2012, ÁGUA NA MEDIDA CERTA, A Hidrometria no Brasil, Brasília 2012 (ciclo hidrológico).
- ANA Agência Nacional de Águas. 2012 Consultado: <http://pnqa.ana.gov.br/IndicadoresQA/IndexeQA.aspx>.
- BARBOSA, F. & CIMINELLI S. T. F. Ângulos da água desfiados da intergração, Cap: Água, indústria mineral, conservação do meio ambiente e biodiversidade Editora UFMG.
- BORGES L. Z. Caracterização da Água Cinza para a Promoção da Sustentabilidade dos Recursos Hídricos, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003. p. 91.
- BUZANELLO E. B. Determinação de Coliformes Totais e Termotolerantes na Água do Lago Municipal de Cascavel, Paraná. Revista Brasileira de Biociências, Porto Alegre, 2008. Nota Científica.
- CAMPO, O. El cambio climático y su efecto en el agro. Revista de Ingeniería. Universidad de los Andes. Bogotá Colombia, 2011, pag 115, 123. junio
- CAMPOS, T. de S. ROHLFS, D. B. Avaliação dos valores de nitrato em águas subterrâneas e sua correlação com atividades antrópicas no município de Águas Lindas de Goiás, ed. Forenses Convênio/IFAR-Instituto de Estudos Farmacêuticos- Programa de Pós-Graduação em Biociências. Goiás: Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 2010.
- CETESB Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. CETESB. < <http://www.cetesb.sp.gov.br> > Acesso: 2012. 20 de Setembro de 2012.
- CONAMA Conselho Nacional do Meio Ambiente. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Resolução No 430, de 13 de Maio de 2011. Brasília, 2011.
- CONAMA Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.
- DREVER, J. I. The Geochemistry of natural waters. PRENTICE HALL, 1988
- ESTEVES, F. Fundamentos de limnologia, 3 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. p: 826.
- GARDUÑO, M. A. MARTINEZ, J. M. Problemática del Agua en el Mundo, 1 edição, México, Colegio de Postgraduados, 2007.
- KRAMER P.J. & BOYER Water relations of plants and soils, MacGraw-Hill, New York , 1995. p. 482.
- MIERZWA J.C. HESPANHOL I. Água na indústria, uso racional e reuso, São Paulo: Oficinas de textos, 2005.- p. 143.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. Vigilância e Controle da Qualidade da Água Para o Consumo Humano. Secretaria de Vigilância em Saúde, Brasília, 2006. p. 212.
- MONTEIRO, M de A. BASTOS, A. P. V. Formação de Aglomerações Empresariais e limitações a difusão tecnológica: O caso do distrito industrial de Barcarena, Pará.

PNUMA Perspectivas do Meio Ambiente Mundial-2002

RACANICCHI R. M. Z. V. Influência da Implantação de estação de influência da implantação de estação de estabilização na recuperação da qualidade da água do córrego cabeceira da mula em Santa Fé do Sul- SP ed. Civil Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira- Departamento de Engenharia. Ilha Solteira: Universidade Estadual Paulista UNESP, 2002. p. 92.

REBOUÇAS, A. da C, TUNDISI, J. G. & BRAGA, B. *Águas Doces no Brasil, Capital Ecológico, Uso e Conservação* 2ª ed. São Paulo. Ed. Escrituras, 2002. 704p.

ROCHA, J. C. ROSA, A. H. CARDOSO, A. A. Introdução a Química Ambiental, 2 edição, Bookman, 2009 (Artmed Editora SA)

SANTOS, B. A. dos. Recursos minerais da Amazônia. Estud. av., São Paulo, v. 16, n. 45, Aug. 2002.

SARDINHA, de S. D. CONCEÇÃO, F. T da. SOUZA, A. D. G. de. [et. al] Avaliação da qualidade da água e autodepuração do ribeirão do meio, Leme (SP), Engenharia Sanitaria e Ambiental. Rio de Janeiro: Eng. Sanit. Ambiet., Setembro de 2008. Vol. 13 No. 3. pp. 329-338.

SENNA. J. V. A. de. Saneamento e Saúde: Malha hidrográfica da Leopoldina e o impacto das doenças de veiculação hídrica no município do Rio de Janeiro, ed. Arouca, Escola Nacional de Saúde Pública, Sérgio. Rio de Janeiro: Ministério da Saúde, 2005. p. 104.

SEP Secretaria Especial de Portos Atualização do Plano de Desenvolvimento e Zoneamento do Porto de Vila do Conde, Situado no Município de Barcarena, Belém/Pará [Relatório] Atualização Companhia Docas do Pará, Autoridade Portuaria. Belém: PLANAVE S.A., 2010.

SETTI, A. A. As necessidades do uso sustentável dos recursos hídricos. Ministério do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, Brasília, 1996.

SILVA, A. E. P. DE ANGELIS, C. F. MACHADO, L. A. T. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus, Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Florianópolis : Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais- INPE, 2007. pp. 3577-3584.

TUNDISI, J.G. & MATSUMURA TUNDISI, T. 2008. Limnologia. Oficina de Textos Editora, São Paulo. 632 p

VON SPERLING, M. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. Estudos de Modelagem da Qualidade da Água de Rios., ed. DESA Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais- UFMG, 2007. Vol. 7, p. 588.

ARTIGO

Caracterização de Parâmetros de Qualidade da Água nos Recursos Hídricos na Área Portuária de Barcarena- PA

RESUMO

A qualidade da água, além de suas características naturais é alterada também por atividades antrópicas. No município de Barcarena- PA a presença do Polo Industrial tem influência na composição química dos corpos d'água da região, considerando que estes funcionam como receptores de efluentes. O presente estudo foi realizado em um trecho do Rio Pará em quatro pontos de amostragem fazendo coletas em dois períodos sazonais, sendo determinadas medidas de pH, temperatura, condutividade, STD, ST, cor, turbidez, sódio, cálcio, potássio, cloreto, alcalinidade, dureza, fósforo total, sulfato, OD, DBO e nitrogênio total. Foram realizados testes estatísticos para observar a influência da sazonalidade e a localização dos pontos de amostragem nas médias de cada parâmetro. Observou-se que a localização dos pontos de amostragem não teve influência nos teores médios de pH, porém, para os demais parâmetro teve. Por outro lado, a sazonalidade não teve influência no cloreto e na alcalinidade, já nos outros parâmetros teve influência, a interação dos dois fatores não foi detectada influência nos teores médios de cálcio, cloreto, oxigênio dissolvido e temperatura, para os demais parâmetros teve influência. Por outro lado o teste Tukey mostrou que nos diferentes parâmetros, algumas médias não tiveram diferenças significativas. Finalmente, os parâmetros estão dentro dos padrões da qualidade do CONAMA 357, porém, os rios da região amazônica apresentam diferenças na sua composição físico-química de acordo a sua natureza e origem, tornando-se desta forma, necessário que novas propostas normativas sejam criadas para estes tipos de rios, pois o fato de cumprir à atual normativa não significa que os processos antropogênicos não sejam acumulativos e responsáveis pela poluição dos corpos d'água ou os sedimentos destes.

Palavras chave: Qualidade, Água, Parâmetros, Barcarena.

Characterization of Water Quality Parameters in the Water Resources in the Port Area of Barcarena-PA

ABSTRACT

The water quality, beyond its natural characteristics is also altered by human activities. In the Barcarena-PA, the presence of the Polo Industrial has an influence on chemical composition of the water bodies of the region, considering that they receptors function as of effluents. The present study was carried out on a stretch of the Rio Pará in four sampling points doing collected in two seasonal periods, and being determined measures pH, temperature, conductivity, STD, ST, color, turbidity, sodium, calcium, potassium, chloride, alkalinity , hardness, total phosphorus, sulfate, DO, BOD and total nitrogen. Statistical tests were performed to observe the influence of seasonality and location of sampling points in the averages of each parameter. It was observed

that the location of the sampling points did not have influence on the average levels of pH, but for others parameters had. On the other hand, seasonality did not influence in the chloride and alkalinity already in the other parameters had an influence the interaction of the two factors was not detected influence over average contents of calcium, chloride, dissolved oxygen and temperature, for the other parameters had an influenced. By another hand, the Tukey test showed that the different parameters, some averages were not significant differences. Finally, the parameters are within standards of quality of CONAMA 357, however, the rivers of the Amazon region differ in their physical and chemical composition according to their nature and origin, in this way making it necessary that new regulatory proposals are created for these types of rivers because the fact comply with current rules does not mean that anthropogenic processes are not accumulative in and responsible for the pollution of water bodies and of sediments of these.

Keywords: Standards of Quality, Water, Parameters, Barcarena.

INTRODUÇÃO

A água é um dos recursos naturais mais importantes no planeta e até bem pouco tempo era considerada como um bem infinito. Porém, o aumento da população e demais fatores que isto implica, decorre na degradação dos recursos hídricos, devido principalmente aos seus usos múltiplos, como na agricultura, no abastecimento público, na pecuária, na indústria, na geração de energia, no saneamento, na recreação e lazer, o que originou uma preocupação pela qualidade e a disponibilidade deste recurso. Embora a maior parte da superfície da Terra esteja ocupada de água, somente cerca de 2,5 % são de água doce, com um mínimo de 0,06 % correspondente à água dos rios, lagos, biomassa, etc., o restante está no subsolo e nas calotas polares sendo de difícil acesso (ESTEVES, 2011).

Segundo Von Sperling (2007, 2005) a qualidade de uma água esta condicionada por fenômenos naturais e das atividades antrópicas exercidas na bacia hidrográfica. A água é o solvente universal, transportando gases, elementos e substâncias, compostos orgânicos dissolvidos que são à base da vida no planeta (TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2008). Pela complexidade do ciclo hidrológico acredita-se que a água da chuva é pura, o qual não é verdade, pois pelas passagens de um estado ao outro e o contato com diferentes ambientes dentro das etapas do ciclo é conferida uma natureza química à água. A água natural contém grande quantidade de substâncias dissolvidas; a presença destas espécies químicas na água está diretamente relacionada com a geoquímica do solo e das rochas nas bacias hidrográficas que drenam os rios e lagos (TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2008; DREVER, 1988). A atmosfera tem um papel importante na adição de substâncias à água, em locais com atividade vulcânica, por exemplo, existe a possibilidade de que os gases liberados nas erupções se combinem com ela.

O Brasil tem uma grande riqueza não só de recursos hídricos, de flora ou fauna, há também jazidas minerais de grande interesse exploratório, o qual implica necessariamente no assentamento de diversos complexos industriais para a extração, processamento, beneficiamento e comercialização de diversos produtos. No caso específico de Barcarena- PA, desde os anos 80 cresce em uma área às margens do Rio Pará um Polo Industrial, onde na atualidade diversas empresas com beneficiamento de alumínio e caulim como Albras/Alunorte, Usina Siderúrgica do Pará- USIPAR e Rio Capim Caulim & Pará Pigmentos S.A. e outros empreendimentos ligados ou não nas mesmas atividades, como Alubar na fabricação de vergalhões e cabos de alumínio, além da unidade de produção de fertilizantes da Bunge (SEP, 2010), sem deixar de lado a implantação do Porto de Vila do Conde. Com tudo isto os corpos hídricos são os principais receptores de efluentes os quais estão condicionados na resolução CONAMA 357 de 2005 e CONAMA 430 de 2011.

O Presente trabalho tem como objetivo verificar parâmetros de qualidade da água nos recursos hídricos da área portuária de Barcarena- Pará, e avaliar estatisticamente seu comportamento na sazonalidade e na localização dos pontos de amostragem e constatar se estão dentro dos padrões permitidos pela legislação.

METODOLOGIA

A área de estudo esta localizada no município de Barcarena, pertencente à região metropolitana de Belém-PA. Limitando ao Norte com a Baía de Guajará e Município de Belém, ao Sul com os

Municípios de Moju e Abaetetuba, a Leste com a Baía de Guajará e Município de Acará e ao Oeste com a Baía do Marajó (MUNICÍPIO DE BARCARENA, 2011). Segundo a classificação de Köppen possui um clima tropical chuvoso de tipo Afi: A- clima tropical chuvoso, f- chuvas durante todo o ano, i- não há variação de estação sensível (MUNICÍPIO DE BARCARENA, 2011; BRASIL, 1974).

A média da precipitação pluviométrica anual é de 2500 mm. No período menos chuvoso a precipitação encontra-se abaixo de 110 mm durante o mês de agosto, porém, diferentes estudos mostram alterações no ciclo hidrológico, causado pelas mudanças climáticas e o desmatamento, modificando os padrões de precipitações (MACHADO & PACHECO, 2010) exemplo dessas modificações são segundo Dias e Andrade (2004) apud Cohen et al (2007) o desaparecimento da formação de nuvens rasas formadas a partir de aerossóis de queimadas.

A vegetação é tropical com Floresta Densa, nas áreas elevadas; Vegetação de Várzeas Típicas de áreas inundáveis e Floresta Secundária (PIRES & PRANCE, 1985; BRASIL, 1974), ecossistemas que sofrem contínuas modificações pela presença do complexo industrial na localidade, e o crescimento populacional. Na porção continental, os solos predominantes são o Latossolo Amarelo distrófico, o Podzol Hidromórfico e Concrecionário Laterítico indiscriminado, distrófico, textura indiscriminada (BRASIL, 1974). Entre as atividades produtivas destaca-se a agricultura, pesca artesanal e a indústria, principalmente pela locação de empresas com beneficiamento de alumínio implantado desde a década de 80 e em contínuo crescimento desde então das atividades minero-metalúrgicas e portuárias, esta última dada pela criação do Porto da Vila do Conde (PAZ et al, 2011), para atender as necessidades do complexo industrial.

Foram selecionados quatro pontos de amostragem denominados como P-01, P-02, P-03 e P-04, o primer ponto está localizado dentro do rio Arienga caracteriza-se por ter maior contato continental, este rio é afluente do rio Pará, nas margens do rio observa-se modificações pela presença de construções ribeirinhas e alguns locais para o estacionamento de embarcações pequenas, além observasse a entrada e saída de embarcações de pequeno porte para o transporte de pessoas e/ou produtos e em atividades de pesca artesanal. Os pontos P-02, P-03 e P-04 distribuídos dentro de um trajeto do rio Pará, estão localizados rio adentro a uma distância de aproximadamente 1 Km entre a margem (na praia) e o local de coleta, assim o P-02 na frente das empresas Pará Pigmentos S.A. (PPSA) e Imerys Rio Capim Caulim (IRCC); P-03 frente da Vila do Conde, estes dois pontos localizados na frente do Polo Industrial, onde se observam embarcações de diferentes tamanhos para a pesca artesanal e transporte de pessoas, produtos e outros materiais principalmente o relacionado com o beneficiamento das empresas localizadas na área e P-04 na frente da praia do Caripi, este ponto localizado também no rio aberto, está caracterizado por estar na frente de uma praia de importante impacto turístico, observando-se embarcações, de maneira geral nos dias de coleta não houve precipitações, a água do rio nos quatro pontos é de cor amarelo barrento característico dos rios de água branca da região descritos por Sioli (1956, 1957,1960). Na figura 1 observa-se a localização espacial dos pontos de amostragem do corpo hídrico estudado e na tabela 1 estão relacionadas as coordenadas geográficas dos quatro pontos de amostragem.

As condições climatológicas para os dias da coleta foram as seguintes para o período menos chuvoso, a temperatura máxima do dia foi de 33,3°C e a mínima de 22,8 °C ausência de precipitações e insolação de 9,4 e para o período chuvoso as temperaturas máxima e mínima foram de 31,4 °C e 21,4 °C respectivamente, a precipitação de 1 mm e insolação com valor 0 (INMET, 2012).

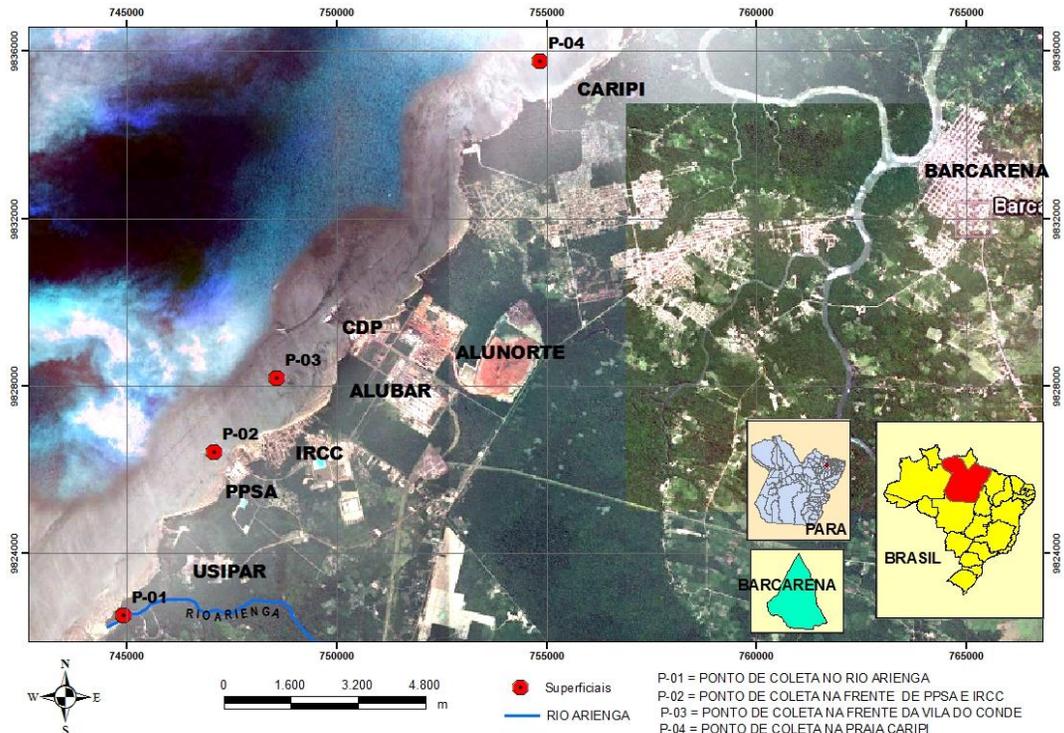


Figura 1- Mapa de Localização da área de estudo e dos pontos de amostragem: (P-01) Rio Arienga, (P-02) frente de PPSA e IRCC, (P-03) frente da Vila do Conde e P-04 frente na praia Caripi.

Fonte: Google Earth, 2012

Tabela 1- Georreferenciamento dos pontos de amostragem

<i>COD</i>	<i>Pontos de Amostragem</i>	<i>Coordenadas UTM</i>
P-01	Rio Arienga Montante Natural do Polo Industrial.	S 744945,8322 O 9822509,2500
P-02	Baía de Marajó frente às empresas.	S 747086,8733 O 9826412,1997
P-03	Baía do Marajó frente à Vila do Conde.	S 748593,7814 O 9828178,9195
P-04	Baía de Marajó frente à Praia do Caripi.	S 754846,5838 O 9835755,0297

Fonte: Autor

As coletas foram realizadas em dois períodos sazonais, a primeira no período menos chuvoso em dezembro de 2011 e a segunda no período chuvoso em junho de 2012. As coletas foram realizadas em um período de 12 horas, coletando consecutivamente cada 90 minutos nos quatro pontos, em um ciclo de maré, iniciando 6:00 a.m. horas e finalizando 18:00 p.m. horas. A amostragem foi realizada de acordo como as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas e da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo CETESB.

A coleta foi manual em garrafas de polietileno de diferentes volumes devidamente lavadas e desinfetadas, em campo as garrafas foram acondicionadas com água do próprio corpo hídrico, a coleta de água foi feita com balde em contracorrente do corpo hídrico, posteriormente foram preenchidas as garrafas com a água, as garrafas forma embaladas em caixas isotérmicas com gelo para manter resfriadas até seu traslado ao laboratório (ABNT, 1987).

A temperatura foi medida em campo usando termômetro digital da marca HANNA HI 98501, também foram realizadas as medidas de pH e condutividade, utilizando equipamentos da marca

DIGIMED, pH-metro DM- 2P, condutivímetro DM 3P (equipamento utilizado também para a medida de sólidos totais dissolvidos) equipamentos devidamente calibrados. As amostras foram transportadas ao laboratório de Hidrocarbonetos (LABOHI) do Centro de Ciências Naturais e Tecnologia da Universidade do Estado do Pará.

No laboratório foram determinados com equipamentos da marca DIGIMED, a cor com colorímetro DM- COR, turbidez com turbidímetro DM- TU, na determinação de sódio, cálcio e potássio utilizou-se o fotômetro de chama DM- 62, equipamentos devidamente calibrados com soluções padrão certificadas, o cloreto foi determinado por titulação com nitrato de prata norma NBR 13797, a alcalinidade por método de titulação da norma técnica da CETESB L5. 102, dureza pela titulação com EDTA norma técnica da CETESB L5. 124, fósforo total pelo método do ácido ascórbico CETESB L5. 128, sólidos totais pelo método gravimétrico NBR 10664, sulfato pelo método turbidimétrico APHA 4500 SO_4^{2-} , DBO pelo método Winkler com incubação de 5 dias APHA 4500 OC, nitrogênio total pelo método somatório das espécies: nitrito pelo método APHA 4110 C, amônia pelo método azul de indofenol espectrofotométrico, nitrato APHA 4110.

Para a sistematização dos resultados foi utilizada a estatística descritiva, tabulando a média, o desvio padrão, o máximo e o mínimo nos APÊNDICES de 1 ao 18 como pode ser observado nos dados tabulados. O tratamento estatístico para a comparação dos dados foi realizado pelo teste de Análise da Variância (ANOVA) de dois fatores com repetição. O teste ANOVA é um procedimento de teste de hipótese para comparar as médias de duas ou mais populações. Na ANOVA com fator duplo, os fatores A e B podem influenciar na variável dependente de forma isolada (efeitos principais) e de forma combinada, efeito de uma combinação específica dos fatores A e B (LAPPONI, 2005). Para este trabalho os fatores foram definidos assim, o fator sazonalidade que faz referência às duas campanhas de coleta realizadas; o fator localização que são os quatro pontos de amostragem distribuídos espacialmente na área de estudo e as interações dos dois fatores formam oito grupos com nove observações (número de amostras coletadas em cada ponto). De acordo com descrito anteriormente no ANOVA se tem três testes de hipóteses nulas, assim descritos:

H0 sazonalidade: que não há diferença entre média dos dois períodos.

H1 sazonalidade: que exista diferença entre as médias dos dois períodos

H0 localização: que não há diferença entre média dos quatro pontos de amostragem.

H1 sazonalidade: que exista diferença entre média dos quatro pontos de amostragem.

H0 interação dos fatores: que não há diferença entre média das interações dos dois fatores.

H1 interações dos fatores: que exista diferença entre média das interações dos dois fatores.

Em seguida aplicou-se o teste Tukey o qual permite o contraste entre duas médias de tratamentos, significando que ele não compara grupos entre si, este teste pode mostrar que mesmo o valor de F calculado na ANOVA seja significativo, não se encontram diferenças significativas entre contrastes de duas médias, para o presente trabalho os contrastes são feitos entre as médias dos pontos nos dois períodos sazonais, considerando as seguintes hipóteses:

H0: que as médias dos pontos nos dois períodos sazonais não tenham diferenças significativas $\mu_{P01-PMC} = \mu_{P02-PMC} = \mu_{P03-PMC} = \mu_{P04-PMC} = \mu_{P01-PC} = \mu_{P02-PC} = \mu_{P03-PC} = \mu_{P04-PC}$.

H1: Que pelo menos uma μ (média) seja diferente. Considerado um nível de significância de 5%, em cada um dos parâmetros.

Para a compreensão do teste Tukey é resumido em tabelas onde são utilizadas letras do alfabeto em minúsculo para representar as diferenças significativas das médias (letras diferentes) e as não significativas (letras iguais) para cada parâmetro com um $\alpha=0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e análises apresentados no presente trabalho são das médias obtidas nos quatro pontos de amostragem para cada um dos parâmetros de qualidade da água. No trajeto do rio Pará objeto deste trabalho, os recursos hídricos estão sujeitos a mudanças em alguns parâmetros físico-químicos de acordo com os períodos de precipitações e os pontos de amostragem, os resultados de cada parâmetro estão discutidos individualmente, tendo em conta a legislação e outros estudos realizados relacionados com a qualidade da água.

O pH é uma variável abiótica importante nos ecossistemas aquáticos mas de difícil interpretação, pela quantidade de fatores que o podem afetar (ESTEVEVES, 2011). O valor médio do pH foi de 7,01 a 7,18 no período menos chuvoso, e de 7,22 a 7,39 no período chuvoso, embora os valores do pH estejam na faixa da neutralidade, para o período menos chuvoso, tais valores de pH são mais baixos que na época de chuva, tal como se observa na figura 2a. Estes teores são maiores se comparados com os valores obtidos por Pereira *et al* (2007) no Rio Murucupi no mesmo município, de características ácidas com valores entre 4,35 a 6,15. Porém, deve-se considerar a descrição de Sioli (1956, 1957,1960) dos rios amazônicos em estado natural que apresentam diferentes valores de pH, assim os rios de águas brancas estão entre 6,2 e 7,2, os rios de águas claras entre 4,5 e 6,8 e os rios de águas pretas entre 3,8 e 4,9. Por outro lado, os valores de pH podem ser alterados ao longo do rio, caso concreto do Rio Amazonas que de um pH de 4,0 eleva-se até 7,8 praticamente no encontro com águas marinhas (MAIER 1987, apud ESTEVEVES 2011).

Segundo o teste ANOVA a localização dos pontos não tem influência significativa no valor médio do pH aceitando a hipótese nula, estudos realizados na área mostram que o pH é influenciado pela maré pois pode funcionar como agente depurador nos rios da região quando estes são afetados por descargas de efluentes (LIMA e KOBAYASHI, 1988 apud PEREIRA *et al* 2007). Entretanto, a sazonalidade e a sua interação com o fator ponto de amostragem estatisticamente têm influência significativa nos teores médios do pH aceitando as hipóteses alternativas. De outro lado de acordo ao teste Tukey resumido na tabela 2 observa-se que a média do pH do ponto P-01 do período chuvoso (PC) não apresentou diferença significativa com as médias dos pontos P-02 e P-03 do mesmo período, porém entre estes dois pontos se existe diferença significativa além as médias destes três pontos também apresentaram diferença significativa com os pontos P-01, P-02, P-03 e P-04 do período menos chuvoso (PMC) e como ponto P-04 do período chuvoso, as médias dos pontos P-01, P-02 e P-04 do período menos chuvoso não apresentaram diferenças significativas entre elas, mas sim com as médias do ponto P-03 do mesmo período e com o ponto P-04 do período chuvoso e a média destes dois pontos não apresentaram diferença significativas entre elas.

Tabela 2- Resultados do teste Tukey para o parâmetro pH

Tukey	a	a, b	b	c	c	d	d	d
Média	7,39	7,34	7,31	7,22	7,18	7,04	7,02	7,01
Tratamentos	PC-P02	PC-P01	PC-P03	PC-P04	PMC-P03	PMC-P04	PMC-P01	PMC-P02

Para Von Sperling (2007) fatores naturais como a dissolução de rochas e a fotossíntese, ou fatores antrópicos como os esgotos domésticos e industriais afetam o pH. Segundo Carvalho *et al* (2000) apud Silva (2007) com o aumento das chuvas o pH tende a subir pois aumenta a diluição de compostos dissolvidos e há um escoamento maior. Na maioria das águas naturais o sistema carbonato controla o pH (DREVER, 1988). Esteves (2011, 1998) afirma que as reações de íons carbonato e bicarbonato com a molécula de água elevam o pH. Num estudo de Miranda *et al* (2009) realizado no rio Tapajós em Santarém- PA encontraram teores de pH entre 6,6 e 7,8 concluindo conformidade com a legislação. Outro estudo realizado por Alves *et al*, (2012) em águas superficiais no rio Arari na ilha de Marajó - PA encontraram inconformidades com a legislação nos valores de pH que estavam entre 3,3 e 6,2. Os teores de pH do presente estudo estão dentro dos padrões permitidos pelo CONOMA/357 para águas doces classes 1, 2 e 3 que aceita valores entre a faixa de 6,0 a 9,0.

Para Esteves (1998) a condutividade é um parâmetro que pode mostrar modificações na composição dos corpos d'água, mas, não especifica quantidades e componentes. Existe uma correlação estatística entre a condutividade da água e a concentração de diversos elementos e íons (MARGALEF, 1993 apud TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2008). Segundo Esteves (2011) nas regiões tropicais a condutividade esta relacionada com as características geoquímicas da região e condições climáticas (periodicidade de precipitações). Os resultados na área de estudo mostraram que os teores de condutividade estão entre a faixa de 45,08 a 68,08 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no período menos chuvoso e de 35,77 a 43,22 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no período chuvoso. Na figura 2b observa-se que no período menos chuvoso os teores da condutividade são maiores especialmente no ponto P-02 que está localizado na frente do Polo Industrial de Barcarena de alta atividade industrial além da possibilidade de lançamento de esgoto sanitário. O uso do solo pode modificar diretamente a composição de uma água refletindo-se na condutividade (ESTEVEES, 2011, 1998; VON SPERLING, 2004).

Estatisticamente a sazonalidade, a localização dos pontos de amostragem e a interação entre eles afetam significativamente os teores médios da condutividade rejeitando as hipóteses nulas. Porém segundo o teste Tukey resumido na tabela 3 as médias dos pontos P0-2 e P-01 do período menos chuvoso e o ponto P-02 do período chuvoso apresentaram diferenças significativas entre elas, aliás também tem diferença significativa com as médias dos restantes pontos dos dois períodos. Contudo as médias dos pontos P-03 e P-04 nos dois períodos não apresentaram diferenças significativas entre elas, porém o ponto P-03 do período menos chuvoso e o P-01 do período chuvoso têm diferenças entre elas.

Tabela 3- Resultados do teste Tukey para o parâmetro condutividade

Tukey	a	b	c	c, d	c, d	c, d	d	e
Média	68,08	49,57	46,08	45,08	43,22	43,09	42,60	35,77
Tratamentos	PMC-P02	PMC-P01	PMC-P03	PMC-P04	PC-P03	PC-P04	PC-P01	PC-P02

Segundo Esteves (2011) a condutividade elétrica pode ser influenciada pelas chuvas; a condutividade diminuiu com a sazonalidade sendo menor no período chuvoso geralmente devido ao aumento da diluição dos íons pelas precipitações, de outro lado o lançamento de efluentes industriais podem elevar os valores da condutividade. Não existe um padrão de condutividade na legislação, porém segundo Von Sperling (2007) as águas naturais apresentam teores de condutividade na faixa de 10 a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, e em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais os valores podem chegar até 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Valores médios reportados por Sioli (1984) apud Tundisi & Matsumura- Tundisi (2008) da condutividade em três rios da região Amazônica foram de 57 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para o Rio Solimões, 22 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para o Rio Negro e 21 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para o Rio Tarumã-Mirim, nos dois últimos casos os valores são inferiores se comparados com os teores médios obtidos no presente estudo.

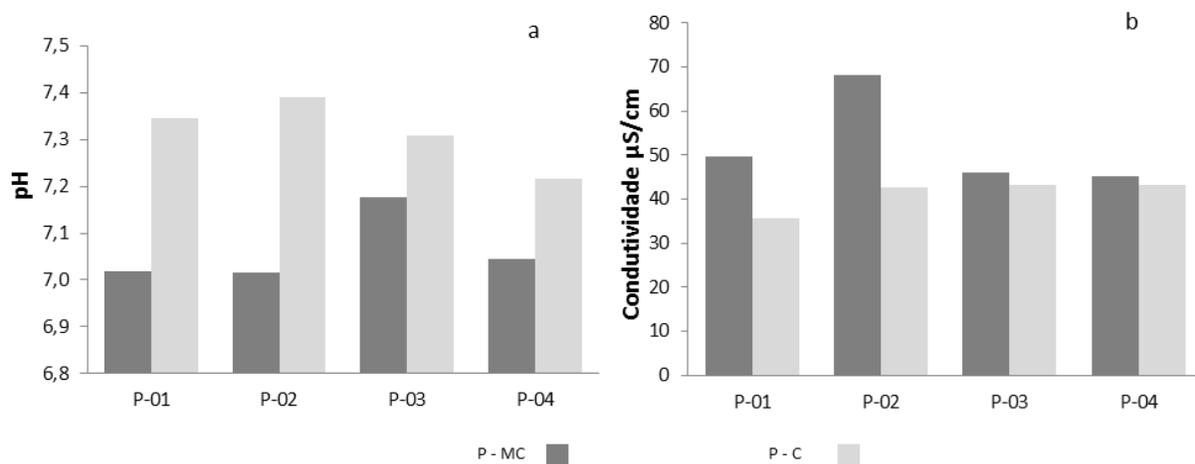


Figura 2- Teores médios: a. pH. b. condutividade. Ponto 1 (P-01), Ponto 2 (P-02), Ponto 3 (P-03), Ponto 4 (P-04), Período menos chuvoso (P - MC), Período Chuvoso (P - C).

A temperatura é o parâmetro que faz a medição da intensidade de calor. O fator responsável para o aquecimento das águas é a radiação solar. No presente trabalho os teores médios da temperatura, para o período menos chuvoso estão entre 30,4 a 31,1 $^{\circ}\text{C}$, e para o período chuvoso entre 29,4 e 30,1 $^{\circ}\text{C}$. A região equatorial caracteriza-se pela estabilidade quanto à temperatura durante todo o ano (ESTEVES, 2011, 1998; HAZE e CARTER, 1984 apud TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2008).

Estatisticamente a localização e a sazonalidade teve influência significativa nos teores médios da temperatura aceitando as hipóteses alternativas, porém a interação entre eles não tem influência aceitando a hipótese nula. Contudo segundo o teste Tukey resumido na tabela 4 as médias da temperatura dos pontos P-04 do período menos chuvoso e dos pontos P-02 e P-01 do período chuvoso apresentaram diferenças entre elas e com as médias dos demais pontos, no entanto as médias dos pontos P-03, P-02 e P-01 do período menos chuvoso não apresentaram diferença significativa entre elas, mas se com as médias dos pontos P-04 e P-03 do período chuvoso os quais não apresentam diferença entre eles.

Tabela 4- Resultados do teste Tukey para o parâmetro temperatura.

Tukey	a	b	b	b	c	c	d	e
Média	31,11	30,73	30,51	30,44	30,1	30,07	29,76	29,36
Tratamentos	PMC-P04	PMC-P03	PMC-P02	PMC-P01	PC-P04	PC-P03	PC-P02	PC-P01

Entre as duas campanhas de coleta observa-se uma variação de 1 °C sendo maior no período menos chuvoso conforme pode-se verificar na figura 3a. As variações de temperatura nos corpos d'água naturais podem ser sazonais e diurnas. Idem na época de maior precipitação, a nebulosidade aumenta e dificulta a entrada dos raios solares às superfícies dos corpos d'água, o que não sucede no período menos chuvoso, pois o tempo de incidência dos raios solares é maior. Além disso, a temperatura é um parâmetro que permite observar se há poluição térmica pela descarga de efluentes (VON SPERLING, 2007, SANCHEZ, 2006).

Como diversos corpos hídricos são receptores de efluentes a resolução CONAMA 430 estabelece como temperatura máxima de lançamento 40 °C e no presente estudo não houve uma observação deste valor o que mostra ausência de poluição térmica. O ponto P-01 tem um teor médio menor que nos pontos P-02, P-03 e P-04, pois estes pontos estão localizados em áreas abertas e livres da influência vegetal que poderiam impedir a entrada dos raios solares. No trabalho de Alves *et al* (2012) no rio Arari os valores médios da temperatura foram de 27 °C no período chuvoso e de 31,1 °C no período menos chuvoso, e no trabalho de Miranda *et al* (2009) no rio Tapajós os valores foram de 29,6 a 29,8 °C, estes valores como os obtidos no presente estudo mostram temperaturas características de rios amazônicos.

O oxigênio dissolvido é um dos gases que tem mais importância biológica e química na caracterização de ecossistemas aquáticos (ESTEVES, 2011; TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2008). Muitos organismos necessitam dele para desenvolver suas atividades fisiológicas, sendo uma dependência fundamental, pois a disponibilidade de oxigênio controla a taxa de crescimento e as respostas fisiológicas e bioquímicas de muitos organismos aquáticos (TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2008).

Segundo o teste ANOVA os fatores sazonalidade e localização de pontos de amostragem tem influência significativa nos teores de OD aceitando as hipóteses alternativas, porém a interação entre os dois fatores não tem influência nos teores médios do OD aceitando a hipótese nula. Por outro lado segundo o teste Tukey resumido na tabela 5 a média do ponto P-03 do período menos chuvoso é diferente às médias dos demais pontos nos dois períodos de coleta, entretanto as médias dos pontos P-02, P-01 e P-04 do período chuvoso e a do ponto P-02 do período menos chuvoso não apresentaram diferença entre elas mais se com as médias dos pontos P-03, P-01 do período menos chuvoso e o P-03 do período chuvoso as quais não apresentaram diferença entre elas.

Tabela 5- Resultados do teste Tukey para o parâmetro oxigênio dissolvido.

Tukey	a	a	a	a	b	b	b	c
Média	7,99	7,94	7,87	7,84	7,61	7,57	7,48	6,96
Tratamentos	PC-P02	PMC-P02	PC-P01	PC-P04	PMC-P04	PMC-P01	PC-P03	PMC-P03

Os teores médios para o período menos chuvoso estão entre 6,96 a 7,94 mg/L e no período chuvoso os teores médios são de 7,48 a 7,99 mg/L. Segundo Esteves (2011) as principais fontes de oxigênio são a atmosfera e a fotossíntese, de outro lado, a oxidação da matéria orgânica, que resulta da atividade dos microrganismos, perdas para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos e oxidação de íons metálicos como o ferro e manganês contribuem para a diminuição da concentração de oxigênio na água.

Como todos os gases a solubilidade do oxigênio na água depende da temperatura e da pressão, além disso, nos ecossistemas costeiros também se deve considerar a influência da salinidade na concentração de O₂. Por exemplo com valores de salinidade próximos a zero, a temperatura de 30 °C e a pressão de 1 bar, a concentração de oxigênio é de 7,6 mg/L, contudo se o valor da salinidade alcançar 35 a concentração reduz para 6,1 mg/L. Como se pode observar na figura 3b nos dois períodos o ponto P-03 teve os menores teores médios, e o período menos chuvoso tem os menores teores médios de OD. Os teores médios não estão acima de valores que representem condições de supersaturação de OD, e também não apresenta valores que mostrem escassez do mesmo. Os processos hidrodinâmicos de um corpo d'água têm influencia na entrada de oxigênio da atmosfera nas águas, pelas correntes das marés.

Segundo Esteves (2011) variações de oxigênio são dadas porque ele está diretamente envolvido com o processo de fotossíntese e respiração e /ou decomposição, que por sua vez estão diretamente relacionados com o foto-período, a intensidade luminosa e a temperatura, assim que variações diárias de oxigênio estão diretamente acopladas a estas variáveis.

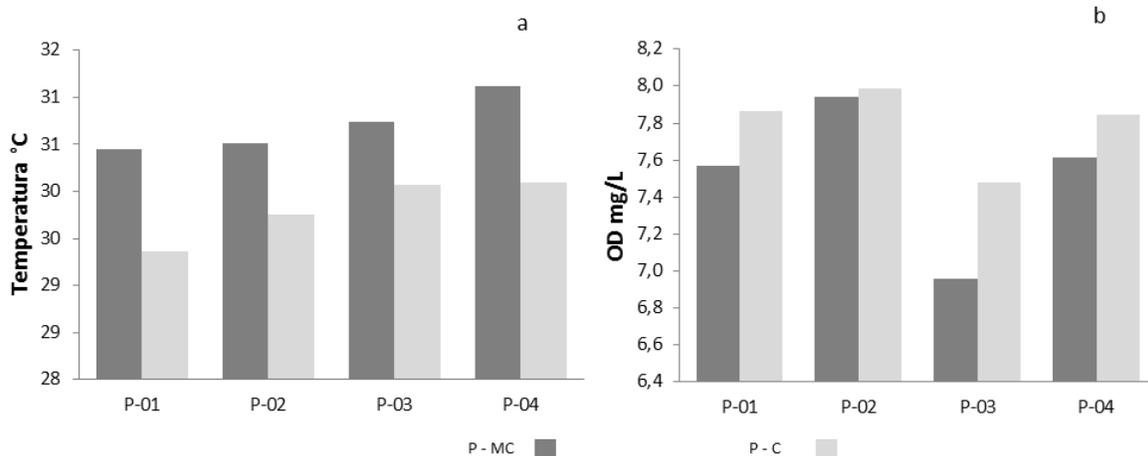


Figura 3- Teores médios: a. Temperatura. b. Oxigênio dissolvido (OD). Ponto 1 (P-01), Ponto 2 (P-02), Ponto 3 (P-03), Ponto 4 (P-04), Período menos chuvoso (P - MC), Período Chuvoso (P - C).

No trabalho de Vasconcelos e Souza (2011), num monitoramento aos lagos Água Preta e Bolonha e o Rio Guáma entre os anos 2007 a 2009 encontraram valores médios entre as faixas de 1,49 e 4,47 mg/L, além encontraram que cada ano existia uma diminuição nas concentrações de oxigênio, fato diretamente relacionado ao lançamento de efluentes nesta área, estes valores são menores se comparados com o presente estudo, porem existe diferenças entre ecossistemas aquáticos lóticos, de transição e lênticos e as concentrações de OD tem grandes variações.

Os sólidos totais dissolvidos (STD) estão relacionados diretamente com a condutividade (ESTEVES, 2011, 1998; TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2008). Os teores médios dos STD estão entre 16,28 a 27,05 mg/L para o período menos chuvoso e de 10,38 a 13,35 mg/L no período chuvoso, estatisticamente os dois fatores e a interação tem influência nos valores médios dos STD rejeitando as hipóteses nulas. Mas segundo a tabela 6 o teste Tukey, demonstrou que as médias dos STD dos pontos P-02 do período menos chuvoso e o P-01 do período chuvoso são diferentes entre elas e com os demais pontos nos dois períodos de coleta porém os pontos P-03, P-01 e P-04 do período menos chuvoso não apresenta diferença significativa entre elas mas sim tem diferença com os pontos P-03, P-04 e P-01 do período chuvoso, e estes três não apresentam diferença entre eles.

Tabela 6- Resultados do teste Tukey para o parâmetro STD.

Tukey	a	b	b	b	c	c	c	d
Média	27,05	16,87	16,40	16,28	13,35	12,76	12,66	10,38
Tratamentos	PMC-P02	PMC-P03	PMC-P01	PMC-P04	PC-P03	PC-P04	PC-P02	PC-P01

Em águas continentais os STD variam em relação à hidrogeoquímica regional e das drenagens de rochas ígneas ou sedimentares (TUNDISI e & MATSUMURA-TUNDISI, 2008). Idem, os STD incluem todos os sais e componentes não iônicos, por tanto aqueles compostos orgânicos dissolvidos também são contribuintes dos STD.

Os processos de intemperismo geram produtos que são encontrados nos corpos da água na forma iônica que são os principais constituintes dos STD. Este parâmetro é utilizado no controle de poluição de corpos d'água natural com esgotos sanitários e efluentes industriais. Segundo os resultados, o ponto P-02 no período menos chuvoso tem o teor mais elevado de STD como se pode observar na figura 4a, deduzindo que as atividades industriais da área estão sendo impactadas ambientalmente. Segundo a resolução CONAMA 357 para águas doces classe 1, 2 e 3 o padrão máximo de STD é de 500 mg/L e os teores médios obtidos no presente estudo estão dentro do estabelecido pela legislação.

Todas as substâncias que ficam logo depois da evaporação a uma temperatura não superior 105 °C numa amostra da água são os denominados sólidos totais (CETESB, 2012). Segundo Von Sperling (2007), as diferentes frações dos sólidos são uma característica física da água. Os teores médios obtidos para sólidos totais no período menos chuvoso foram entre 42,89 e 80 mg/L e para o período chuvoso os teores médios foram entre 55,11 e 80,89 mg/L. Como se pode observar na figura 4b nos quatro pontos de coleta há diferenças nos teores médios dos sólidos totais, por outro lado pode-se observar que nas duas campanhas de coleta os maiores teores correspondem ao período chuvoso.

Segundo o teste estatístico ANOVA, os fatores de sazonalidade, localização de pontos de amostragem e a interação entre eles têm influência significativa nos valores médios dos sólidos totais aceitando as hipóteses alternativas. Por outro lado segundo a tabela 7 o teste Tukey mostrou que a média dos sólidos totais do ponto P-03 do período menos chuvoso apresentou diferença significativa com as médias dos demais pontos nos dois períodos de coleta, além as médias dos pontos P-04 do período chuvoso e P-01 do período menos chuvoso não tem diferença

entre elas, porém tem diferença com os pontos P-02, P-04 do período menos chuvoso e os pontos P-01, P-02 e P-03 do período chuvoso, também as médias dos pontos P-02 do período menos chuvoso e P-01 do período chuvoso não tem diferenças significativas entre elas, mas se apresentaram diferença com as médias dos pontos P-03 do período chuvoso e o ponto P-04 do período menos chuvoso, alias as médias dos pontos P-01 e P-02 do período chuvoso não tem diferença entre elas, contudo o ponto P-02 do período chuvoso não tem diferença com a média do ponto P-03 do mesmo período, porém se apresentou diferença com o ponto P-04 do período menos chuvoso e finalmente as médias dos pontos P-03 do período chuvoso e o P-04 do período menos chuvoso não têm diferenças entre elas.

Tabela 7- Resultados do teste Tukey para o parâmetro sólidos totais.

Tukey	a	a	b	b, c	c, d	d, e	e	f
Média	80,89	80,00	66,89	66,22	60,67	55,11	50,44	42,89
Tratamentos	PC-P04	PMC-P01	PMC-P02	PC-P01	PC-P02	PC-P03	PMC-P04	PCM-P03

Variáveis climáticas como o aumento das precipitações tem um papel importante na adição de materiais nos corpos d'água pelo escoamento dos solos, arrastando diversidade de material orgânico e inorgânico que afeta a quantidade de sólidos totais em uma água. Igualmente fontes difusas como lançamento de efluentes industriais, esgoto doméstico ou da agricultura, altera os valores dos sólidos totais (CETESB, 2013).

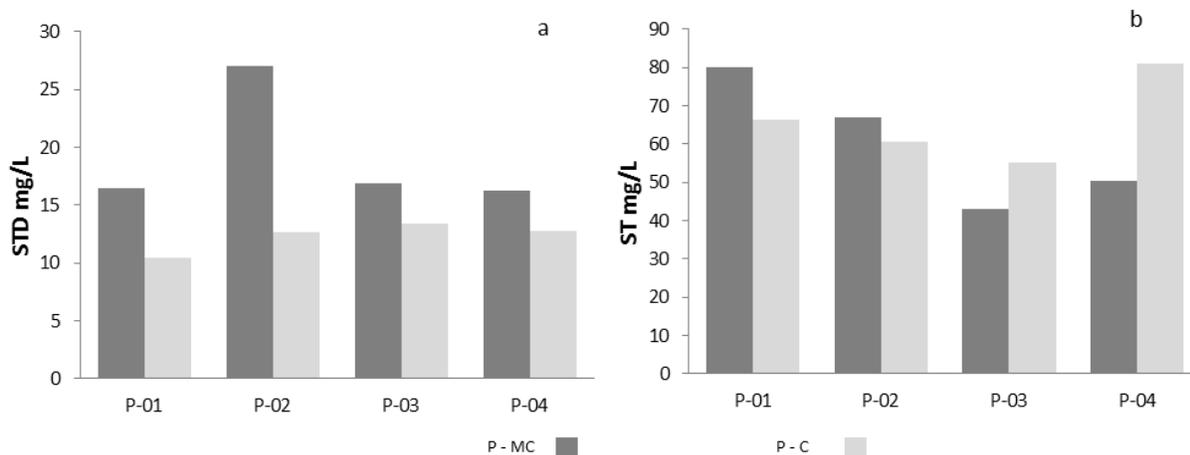


Figura 4- Teores médios: a. Sólidos totais dissolvidos. b. Sólidos totais. Ponto 1 (P-01), Ponto 2 (P-02), Ponto 3 (P-03), Ponto 4 (P-04), Período menos chuvoso (P - MC), Período Chuvoso (P - C).

O ponto P-01 no período menos chuvoso apresentou o teor mais elevado de ST, este ponto por estar situado no Rio Arienga tende a estar em maior contato com a área continental, estando exposto a diferentes fontes difusas de esgotos domésticos o que poderia explicar seu elevado teor se comparado com os outros pontos. No período chuvoso o ponto P-04 é o que tem o teor mais elevado de ST, com aumento nas precipitações, os diferentes tributários do rio arrastam material particulado e impurezas dos solos modificados pelo desmatamento, a agricultura, entre outros, transportando-lhes ao corpo d'água (VON SPERLING, 2005). Segundo Metcalf e Eddy (2003) a faixa de valores para ST em esgoto doméstico é 350 a 1350 mg/L os quais podem variar de

acordo com às localidades, usos e as práticas. No trabalho de Alves et al (2012) no rio Arari na ilha de Marajó os valores médios encontrados para os ST foram de 71,5 a 125,5 mg/L no período chuvoso e de 137 a 491 mg/L para o período menos chuvoso, valores mais elevados se comparados com os do presente estudo, tendo em conta que o estudo de Alves foi realizado em locais com influência de esgotos.

A cor é uma característica física da água, devido à existência de substâncias dissolvidas, ou em estado coloidal, na maioria dos casos de natureza orgânica (NBR 9896/1993). Os valores médios obtidos da cor estão entre 35,46 a 46,83 mg Pt/L para o período menos chuvoso e entre 48,29 a 96,11 mg Pt/L para o período chuvoso. Estatisticamente a sazonalidade, a localização dos pontos de amostragem e a interação entre os dois fatores, têm influência significativa no valor médio da cor rejeitando as hipóteses nulas. Com relação ao teste Tukey resumido na tabela 8 pode-se observar que as médias dos pontos P-04, P-01 do período chuvoso e o ponto P-03 do período menos chuvoso tem diferença significativa entre elas e com as médias dos outros pontos nos dois períodos de coleta, também se pode observar que a média do ponto P-03 do período chuvoso não têm diferença significativa com a média do ponto P-02 do mesmo período, mas sim tem diferença com as médias dos pontos P-01, P-04, P-02 do período menos chuvoso, as médias dos pontos P-02 do período chuvoso e o ponto P-01 do período menos chuvoso não apresentaram diferença significativa entre elas, contudo se tem diferença significativa com os pontos P-04 e P-02 do período menos chuvoso e a média destes dois pontos não tem diferença significativa entre eles.

Tabela 8- Resultados do teste Tukey para o parâmetro cor.

Tukey	a	b	c	c, d	d	e	f	f
Média	96,11	59,40	50,21	48,29	46,83	42,43	35,56	35,46
Tratamentos	PC-P04	PC-P01	PC-P03	PC-P02	PMC-P01	PMC-P03	PMC-P04	PCM-P02

Com o aumento das chuvas aumenta o transporte de material orgânico e inorgânico drenado nas margens dos rios o que influencia em um aumento na cor. Em águas naturais são causadoras da cor, as ligninas, taninos, substâncias húmicas e fúlvicas, algas entre outras provenientes da decomposição de material orgânico principalmente de origem vegetal (CETEBS, 2012; LEÓN, 2005). Além disso, estas substâncias podem estar em solução originando a cor verdadeira, ou em suspensão originando a cor aparente (LEÓN, 2005; ESTEVES, 1998). Na figura 5a observa-se que os maiores teores correspondem à época mais chuvosa. Segundo Von Sperling (2007) as atividades antrópicas influem na constituição da cor da água pelo lançamento de efluentes domésticos e/ou industriais nos corpos d'água. Segundo a CETESB o esgoto doméstico se caracteriza por apresentar matéria orgânica coloidal. Outros constituintes de origem natural que causam a coloração na água são minerais dissolvidos como o ferro e manganês relacionados com a geologia dos solos das margens dos rios (CETEBS, 2012; VON SPERLING, 2007; LEÓN, 2005).

O padrão estabelecido na resolução CONAMA 357 para a cor é de até 75 mg Pt/L, na figura 5a observa-se que no período menos chuvoso os quatro pontos de coleta estão dentro do padrão, porém, no período chuvoso o ponto P-04 ultrapassa este limite, possivelmente devido as atividades antrópicas realizadas nas margens do corpo hídrico em conjunto com o aumento da

descarga hídrica, a principal problemática da cor na água é o estético pois causa um efeito repulsivo na população (CETESB 2012).

SOARES et al (2009) obtiveram valores da cor fora dos padrões estabelecidos pelo CONAMA 357 em um estudo realizado no rio Águas Claras Alvorada- RO os quais estavam entre a faixa de 160 a 250 mg Pt/L. Na caracterização de parâmetros do manancial Utinga, Belém-PA, Vasconcelos e Souza (2011) encontraram valores médios mensais nos anos 2007, 2008 e 2009 da cor de 53,89, 74,12 e 74,12 mg Pt/L respectivamente ainda que estes valores médios estão enquadrados nos padrões legalmente permitidos, observou-se um aumento dos valores cada ano.

A turbidez tem a ver mais com a estética da água, segundo os resultados obtidos no presente estudo, os teores médios da turbidez para o período menos chuvoso estão entre 12,65 a 21,22 UNT, e para o período chuvoso são de 12,98 a 44,56 UNT. Sendo os maiores valores para o período menos chuvoso como se pode observa na figura 5b, neste mesmo período os pontos P-01 e P-03 tem os maiores valores médios e para o período chuvoso os maiores teores foram para o ponto P-04.

De acordo ao teste estatístico ANOVA os fatores sazonalidade e pontos de amostragem tem influência significativa nos teores médios da turbidez, igualmente a interação entre os dois fatores também têm influencia, rejeitando as hipóteses nulas. Entretanto segundo os dados da tabela 9 do teste Tukey as médias da turbidez dos pontos P-04 e P-01 do período chuvoso tem diferença significativa entre elas e as médias dos demais pontos nos dois períodos de coleta, por outro lado as médias dos pontos P-03 e P-01 do período menos chuvoso não apresentaram diferença significativa entre elas, mas sim apresentou diferença com as médias dos pontos P-03, P-02 do período chuvoso, P-04 e P-02 do período menos chuvoso, as médias destes quatro pontos não apresentaram diferença significativa entre elas.

Tabela 9- Resultados do teste Tukey para o parâmetro turbidez.

Tukey	a	b	b	c	d	d	d	d
Média	44,56	21,22	19,95	17,39	14,11	12,98	12,91	12,65
Tratamentos	PC-P04	PMC-P03	PMC-P01	PC-P01	PC-P03	PC-P02	PMC-P04	PMC-P02

Segundo Sioli (1957) entre as características dos rios amazônicos está a elevada turbidez, estes rios são os denominados de águas brancas e tem um aspecto amarelo barrento. Porém as variações sazonais neste parâmetro podem estar influenciadas pelo aumento das precipitações que em consequência carregam os sedimentos das margens dos rios aumentando o valor da turbidez.

As atividades antrópicas também tem um efeito na turbidez de uma água em razão do uso inadequado das bacias hidrográficas especialmente pelo desmatamento que é o problema mais serio que afrontam os rios e lagos (TUNDISI e & MATSUMURA-TUNDISI, 2008). Idem ocorre consequências pelo aumento da turbidez, como redução da produção primaria fitoplanctônica e da capacidade de fluxo, danos à pesca, alterações na linha térmica de rios e represas. Segundo a resolução CONAMA 357 o valor máximo permitido para a turbidez é de 100 UNT e os teores obtidos no presente estudo estão dentro do valor permitido. No trabalho de Alves et al (2012) no Rio Arari na ilha de Marajó encontraram valores médios de 38,61 a 438 UNT, em duas períodos sazonais, valores muito mais elevados comparados com os do presente estudo além de da não conformidade com a legislação.

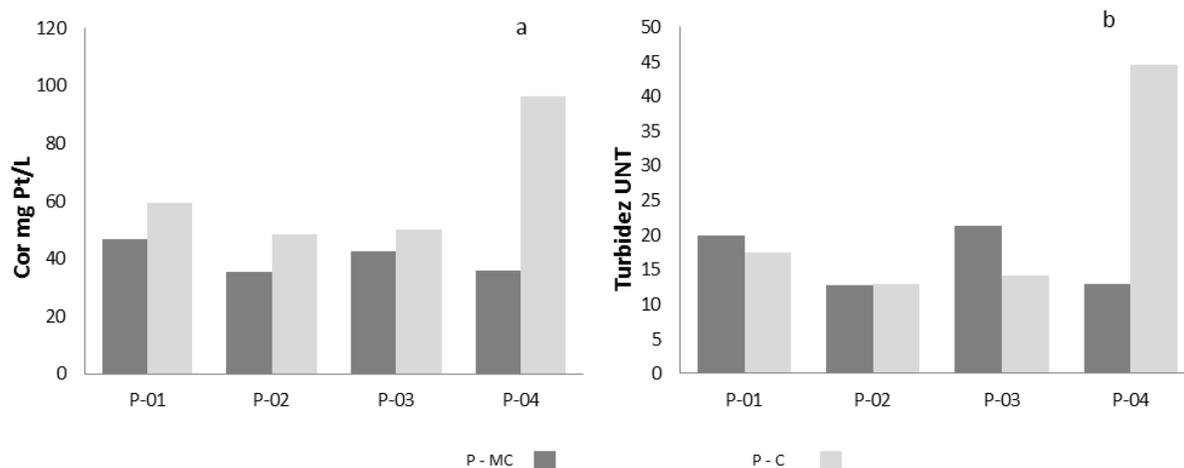


Figura 5- Teores médios: a. Cor. b. Turbidez. Ponto 1 (P-01), Ponto 2 (P-02), Ponto 3 (P-03), Ponto 4 (P-04), Período menos chuvoso (P - MC), Período Chuvoso (P - C).

O cloreto é um íon importante da água, presente em águas subterrâneas e superficiais, nas primeiras o cloreto é oriundo da percolação através de solos e rochas e nas segundas é devida as descargas de esgotos sanitários, entre outras, sendo que cada pessoa expele na urina aproximadamente 4 g de cloreto por dia (CETESB 2012). O cloreto é um íon importante na produtividade global dos ecossistemas aquáticos, faz parte de importantes processos fisiológicos, como a troca e/o transporte de outros íons para os meios intracelular e extracelular, no meio aquático dificilmente é um fator limitante (ESTEVES 2011). Segundo os resultados obtidos os teores médios da concentração de cloreto no período menos chuvoso são de 0,26 a 0,44 mg/L Cl⁻ e no período chuvoso está entre 0,23 e 0,42 mg/L Cl⁻.

Segundo o teste estatístico ANOVA, não há evidência significativa de que a sazonalidade e a interação desta com a localização dos pontos de amostragem tenham um efeito nas médias dos valores aceitando a hipótese nula. Porém a localização dos pontos de amostragem sim apresentaram diferenças significativas no teor médio do cloreto aceitando a hipótese alternativa, isto possivelmente pelo lançamento de efluentes industriais como descreve a CETESB (2012) e Von Sperling (2007), os efluentes também aportam quantidades consideráveis de cloreto, porém, dependente do beneficiamento industrial. Com relação ao teste Tukey resumido na tabela 10 observa-se que as médias do ponto P-01 nos dois períodos não tem diferença significativa entre elas, porém sim tem diferença com as médias dos demais pontos nos dois períodos de coleta, além as medias dos pontos P-04, P-03, P-02 do período menos chuvoso e P-02 do período chuvoso não apresentaram diferença significativa entre elas, entretanto o ponto P-04 do período menos chuvoso sim tem diferença estatisticamente significativa com os pontos P-03 e P-04 do período chuvoso e estes dois pontos não apresenta diferença com os pontos P-02, P-03 do período menos chuvoso e o P-02 do período chuvoso. Na figura 6a se pode observar que o ponto P-01 tem os valores médios mais baixos nas duas coletas.

Os teores de cloreto em ecossistemas continentais são extremamente variáveis, em águas naturais, o teor do íon cloreto é menor a 50 mg/L Cl⁻ (RODIER 1981), e podem ser afetados pela

entrada da pluma das correntes marinhas nos corpos de águas costeiras (ESTEVEES, 2011; HEM, 1970). Dados de Sioli (1984) apud Tundisi & Matsumura - Tundisi (2008) mostram concentrações de cloreto dos rios Solimões, Negro e Tarumã-Mirim com teores médios de 3,1 mg/L Cl⁻, 1,7 mg/L Cl⁻ e de 1,8 mg/L Cl⁻ respectivamente, demonstrando que concentrações baixas são comuns nos rios Amazônicos; a média mundial da concentrações de cloreto é de 7,8 mg/L Cl⁻ (ESTEVEES, 2011).

Tabela 10- Resultados do teste Tukey para o parâmetro cloreto.

Tukey	a	a, b	a, b	a, b	b	b	c	c
Média	0,44	0,42	0,41	0,41	0,38	0,37	0,26	0,23
Tratamentos	PMC-P04	PC-P02	PMC-P03	PMC-P02	PC-P03	PC-P04	PMC-P01	PC-P01

Segundo os padrões de enquadramento das águas doces no CONAMA 357, o valor máximo permitido de cloreto é até 250 mg/L de Cl⁻ para águas doces classe 1, 2 e 3 e os resultados obtidos no presente trabalho se enquadram com a normativa.

As concentrações de sódio obtidas no estudo no período menos chuvoso compreende teores médios de 2,68 a 6,79 mg/L, e no período chuvoso estão entre 1,54 e 3,40 mg/L. Estatisticamente a sazonalidade, a localização dos pontos de amostragem e a interação entre os dois fatores tem influência significativa nos teores médios do sódio rejeitando as hipóteses nulas nos três casos. De acordo com o teste Tukey resumido na tabela 11 se pode observar que as médias do sódio dos pontos P-02 do período menos chuvoso e P-01 do período chuvoso apresentaram diferença estatisticamente significativa entre elas e com as médias dos demais pontos nos dois períodos de coleta, e finalmente as médias dos pontos P-04, P-03, P-02 do período chuvoso, P-01, P-04 e P-03 do período menos chuvoso estatisticamente não tem diferença significativa entre elas.

Todas as águas naturais contem sódio, pois é um elemento abundante na Terra, além disso, seus sais tem uma alta solubilidade na água. O sódio provém principalmente de esgotos sanitários, efluentes industriais e/ou fertilizantes (CETESB 2012; VON SPERLING, 2007). Porém, nos ecossistemas aquáticos continentais costeiros, o aumento na concentração de sódio esta influenciada pela entrada de águas marinhas (CETESB, 2012; ESTEVES, 2011, TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2008; RODIER, 1981). Segundo a CETESB (2012) as concentrações de sódio em águas superficiais variam consideravelmente por fatores como a geologia do local, as descargas de efluentes, o uso sazonal de sais nas rodovias, o uso de fertilizantes na agricultura. Segundo Sioli (1975) a média do sódio do Rio Amazonas varia entre 1,15 a 2,90 mg/L.

Tabela 11- Resultados do teste Tukey para o parâmetro sódio.

Tukey	a	b	b	b	b	b	b	c
Média	6,79	3,40	3,28	2,89	2,83	2,69	2,68	1,54
Tratamentos	PMC-P02	PC-P04	PC-P03	PMC-P01	PC-P02	PMC-P04	PMC-P03	PC-P01

Dados de Payne (1986) apud Tundisi & Matsumura- Tundisi (2008) mostram a composição média de sódio nas águas nos rios dos diferentes continentes com menores concentrações nos rios da América do Sul com média de 3,9 mg/L. Como se pode observar na figura 6b, os teores médios mais elevados correspondem ao período menos chuvoso possivelmente pela influência de correntes oceânicas no trecho do rio estudado, porém, no ponto P-02 apresentou o teor de sódio mais elevado no período seco, devido provavelmente a impactos ambientais do local. Segundo a CETESB (2012) valores podem estender-se de 1 mg/L ou menos até 10 mg/L, muitas águas superficiais incluindo aquelas que recebem efluentes têm níveis bem abaixo de 50 mg/L.

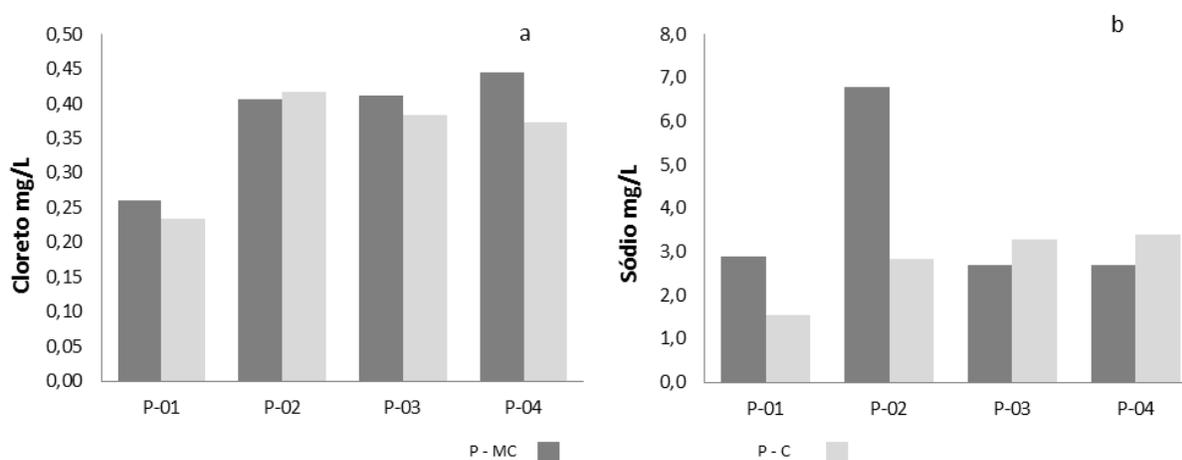


Figura 6- Teores médios: a. Cloreto. b. Sódio. Ponto 1 (P-01), Ponto 2 (P-02), Ponto 3 (P-03), Ponto 4 (P-04), Período menos chuvoso (P - MC), Período Chuvoso (P - C).

O parâmetro potássio é um elemento que está em baixas concentrações nas águas naturais, posto que as rochas que os contém são resistentes às ações do tempo, o potássio pode chegar aos corpos d'água pela utilização na indústria ou na agricultura (ZUIN *et al*, 2009). Uma importante função do potássio é a troca e transporte de outros íons para os meios intracelular e extracelular (ESTEVES, 2011).

Os resultados do presente estudo mostram que as concentrações médias dos teores de potássio são para o período chuvoso de 1,27 a 1,96 mg/L e para o período menos chuvoso a média dos teores é de 1,12 a 1,40 mg/L, teores maiores se comparados com dados de Ferch (1984) apud Esteves (2011) no Rio Solimões com valores de 0,9 mg/L e do Rio Negro 0,3 mg/L, porém Ferch *et alii* (1983) apud Esteves (2011) estudando o lago Camaleão, localizado no interior da ilha da Marchantaria no rio Solimões (AM) observaram alterações na concentração do potássio em função da variação do nível de água. No período de águas baixas, a concentração foi aproximadamente 15 vezes o valor obtido no rio Solimões, na cheia o rio invade as águas do lago efetuando uma diluição, refletindo na redução de concentração de potássio. Na figura 7a pode-se observar que os maiores teores médios correspondem à época chuvosa.

Estatisticamente a sazonalidade a localização dos pontos de amostragem e a interação destes fatores tem influência significativa nos teores médios do potássio, rejeitando as hipóteses nulas. No entanto o teste Tukey resumido na tabela 12 mostra que a média do potássio do ponto P-04 do

período chuvoso tem diferença significativa com as médias de todos os pontos nos dois períodos de coleta, de outro lado as médias dos pontos P-02 e P-03 do período chuvoso não tem diferença significativa entre elas, mas sim tem diferença estatisticamente significativa com as médias dos pontos P-01, P-03, P-02 do período menos chuvoso e o ponto P-01 do período chuvoso. A média do ponto P-01 do período menos chuvoso tem diferença significativa com a média do ponto P-02 do período menos chuvoso, mas estas não tem diferença significativa com os pontos P-01 do período chuvoso, P-04 e P-03 do período menos chuvoso.

Com relação à localização dos pontos de amostragem deve-se ter em conta que concentrações elevadas de potássio são principalmente encontradas em águas residuais (MONACO, 2012). O potássio está distribuído amplamente no ambiente, desta forma, as concentrações de água bruta e potável de diferentes partes do Canadá variam de < 1 a 8 mg/L, entretanto na Província de Saskatchewan as concentrações estão acima de 51 mg/L onde possui um dos maiores depósitos de potássio do mundo (CETESB 2012). Segundo Esteves (2011) as concentrações médias de potássio em rios de América do Sul são de 2 mg/L.

Tabela 12- Resultados do teste Tukey para o parâmetro potássio.

Tukey	a	b	b	c	c, d	c, d	c, d	d
Média	1,96	1,59	1,58	1,40	1,27	1,27	1,27	1,12
Tratamentos	PC-P04	PC-P03	PC-P02	PMC-P01	PC-P01	PMC-P04	PMC-P03	PMC-P02

Nas águas naturais o cálcio é o principal cátion, porém, segundo Sioli (1956) em certas águas amazônicas pode ser muito escasso variando entre 1 a 4 mg/L de Ca, valores baixos é dificilmente encontrados em outras regiões da Terra. Segundo os resultados obtidos para o período menos chuvoso, os valores médios estão entre 1,89 e 2,54 mg/L de Ca, e para o período chuvoso é de 0,57 a 0,81 mg/L de Ca.

A composição iônica das águas varia em função das características do terreno, de áreas inundadas, presença da vegetação e uso dos solos ao longo do tempo (TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2008). Idem, para as águas muito pouco mineralizadas com composição iônica dissolvida, ocorre em muitas regiões do Brasil. Na figura 7b pode-se observar que as menores concentrações de cálcio correspondem ao período chuvoso, o que concorda com Sioli (1956) que diz que o cálcio geralmente diminui com o aumento das chuvas.

Estatisticamente a sazonalidade e a localização dos pontos de amostragem têm influencia significativa nos teores médios do cálcio aceitando as hipóteses alternativas, a interação entre os dois fatores não tem influência significativa nos teores médios do cálcio. De outro lado segundo o teste Tukey resumido na tabela 13 as médias dos pontos P-02 e P-01 do período menos chuvoso apresentaram diferenças significativas entre elas e as médias dos outros pontos nos dois períodos de coleta, a média do ponto P-03 do período chuvoso não apresenta diferença significativa com as médias dos pontos P-01, P-02, P-04 do mesmo período, mas a média do P-01 do período chuvoso sim tem diferença significativa com as médias dos pontos P-02, P-04 do mesmo período, finalmente as médias dos pontos P-03 e P-04 do período menos chuvoso não apresentaram diferenças significativas entre elas.

Tabela 13- Resultados do teste Tukey para o parâmetro cálcio.

Tukey	a	a	b	c	d	d	d, e	e
Média	2,54	2,51	2,13	1,89	0,82	0,81	0,78	0,57
Tratamentos	PMC-P03	PMC-P04	PMC-P02	PMC-P01	PC-P02	PC-P04	PC-P03	PC-P01

Segundo Esteves (2011) os rios de América do Sul apresentam uma concentração média de 7 mg/L de Ca sendo os teores mais baixos se comparados com a média dos outros continentes e a própria média mundial que é de 15 mg/L. Um estudo realizado por Soares et al (2008) relacionada com concentrações e associações geoquímicas de chumbo e zinco em sedimentos do rio São Francisco impactado pelos rejeitos de atividades industriais para a produção de zinco, mostraram uma forte correlação deste na forma de carbonato de cálcio com o zinco, chumbo, cobre e cádmio que na interpretação dos autores evidencia-se que os rejeitos da usina metalúrgica devem ser a fonte comum desses metais para os sedimentos contaminados, pelo tanto o cálcio pode apresentar baixas concentrações nas águas superficiais na área de estudo porém devido as diversas formas de conjugação com outras espécies química e pelos processos de sedimentação que este vai ter e a acumulação ao longo do tempo.

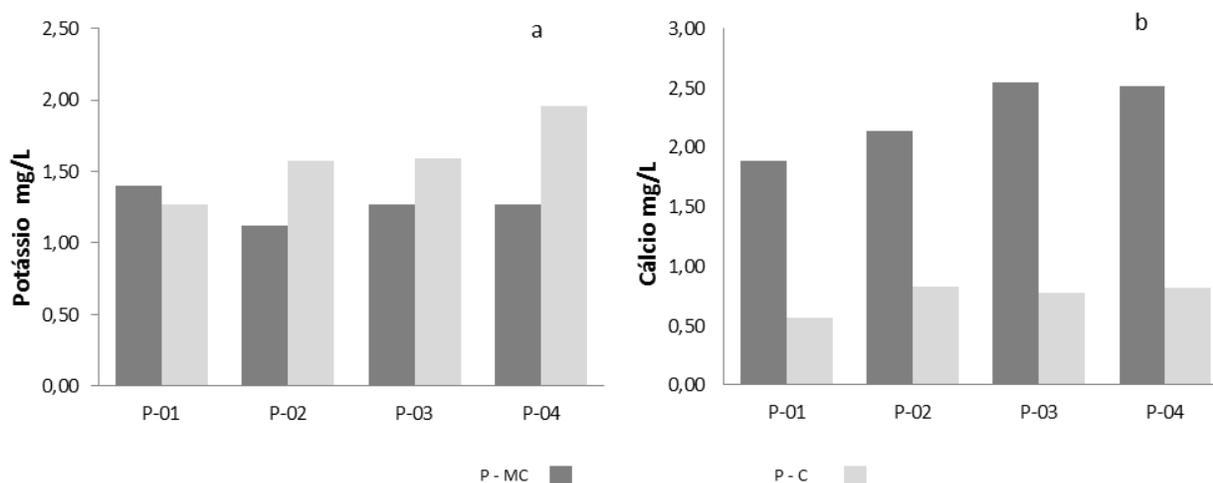


Figura 7- Teores médios: a. Potássio b. Cálcio. Ponto 1 (P-01), Ponto 2 (P-02), Ponto 3 (P-03), Ponto 4 (P-04), Período menos chuvoso (P - MC), Período Chuvoso (P - C).

Nos sistemas aquosos a alcalinidade é a capacidade de neutralizar ácidos. A alcalinidade nas águas naturais geralmente apresenta como principais responsáveis, bases conjugadas do ácido carbônico, carbonatos e bicarbonatos, porém outras bases derivadas do íon amônio e dos ácidos sulfúrico e fosfórico também podem contribuir para a alcalinidade (ESTEVES, 2011; HEM 1970). Os teores médios da alcalinidade no período menos chuvoso são de 16,36 a 18,51 mg/L de CaCO₃, e para o período chuvoso de 16,70 a 17,71 mg/L de CaCO₃.

Estatisticamente a sazonalidade não tem influência significativa no valor médio da alcalinidade, embora para os fatores da localização dos pontos de amostragem e sua interação com a

sazonalidade teve evidência significativa para afirmar que afetam os teores médios da alcalinidade. Porém segundo o teste Tukey resumido na tabela 14 pode-se observar que a média da alcalinidade do ponto P-03 do período menos chuvoso não apresentou diferença significativa com a média do ponto P-04 do mesmo período a sua vez este último não apresentou diferença significativa com as médias dos pontos P-04 do período chuvoso e do ponto P-02 do período menos chuvoso, mas sim com as médias dos pontos P-01, P-03, P-04 do período chuvoso e o ponto P-01 do período menos chuvoso, na tabela 14 também se pode observar que além da média do ponto P-02 do período menos chuvoso não apresentar diferenças significativas com as médias dos pontos P-04 nos dois períodos, também não tem diferenças com as médias dos pontos P-01 e P-03 do período chuvoso e sim tem diferença com as médias dos pontos P-02 do período chuvoso e P-01 do período menos chuvoso, sendo que as médias destes dois últimos pontos não apresentaram diferenças significativas entre elas, finalmente a média do ponto P-02 do período chuvoso não apresentou diferença significativas com as médias dos pontos P-03 do mesmo período e P-01 do período menos chuvoso, porém as médias dos dois últimos pontos sim apresentam diferenças significativas entre elas.

Tabela 14- Resultados do teste Tukey para o parâmetro alcalinidade.

Tukey	a	a, b	b, c	b, c, d	c, d	d, e	e, f	f
Média	18,51	18,11	17,71	17,57	17,44	17,03	16,70	16,36
Tratamentos	PMC-P03	PMC-P04	PC-P04	PMC-P02	PC-P01	PC-P03	PC-P02	PMC-P01

Segundo a figura 8a com exceção do ponto P-01 a alcalinidade foi maior para o período menos chuvoso. A alcalinidade não tem um significado sanitário, a menos que ela seja devida aos hidróxidos ou que contribua na qualidade de sólidos totais. Segundo o Ministério da Saúde (2006) a maioria das águas naturais apresenta valores de alcalinidade na faixa de 30 a 500 mg/L de CaCO_3 no presente estudo os valores são inferiores, pois são típicos de rios amazônicos.

A dureza é a concentração de cátions multimetálicos em solução. Os cátions frequentemente associados à dureza são cálcio e magnésio (Ca^{2+} , Mg^{2+}) e em menor escala ferro (Fe^{2+}), manganês (Mn^{2+}), estrôncio (Sr^{2+}) e alumínio (Al^{3+}) (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006). As principais fontes de dureza são a dissolução de minerais contendo cálcio e magnésio, exemplificando as rochas calcárias e os despejos industriais (VON SPERLING, 2007). Os valores médios obtidos para o presente estudo são para o período menos chuvoso entre 16,21 a 17,52 mg/L de CaCO_3 , e para o período chuvoso os teores médios são de 12,55 a 14,64 mg/L de CaCO_3 , sendo menores para este período como se pode observar na figura 8b.

Segundo o teste ANOVA existe evidência significativa para afirmar que a sazonalidade, a distribuição dos pontos de coleta e a interação dos dois fatores afetam no teor médio da dureza rejeitando as hipóteses nulas. Por outro lado no teste Tukey que está resumido na tabela 15 se pode observar que a média da dureza do ponto P-01 do período chuvoso apresenta diferença significativa com as médias dos demais pontos nos dois períodos de coleta, entretanto os pontos P-02, P-03 e P-04 do período chuvoso estatisticamente suas médias não apresentaram diferenças significativas, mas sim com as médias dos quatro pontos no período menos chuvoso, também se observa na tabela 15 que as médias dos pontos P-01 e P-03 do período menos chuvoso não

apresentaram diferença significativa entre elas, porem o ponto P-01 do período menos chuvoso não apresento diferença significativa com a média do ponto P-04 do mesmo período, porém este ultimo sim tem diferença significativa com a média do ponto P-03 e P-02 do mesmo período sendo que as médias destes dois pontos não apresentaram diferença significativa entre elas.

Tabela 15- Resultados do teste Tukey para o parâmetro dureza.

Tukey	a	a, b	b, c	c	d	d	d	e
Média	17,52	16,99	16,73	16,21	14,64	14,64	14,38	12,55
Tratamentos	PMC-P04	PMC-P01	PMC-P03	PMC-P02	PC-P02	PC-P04	PC-P03	PC-P01

Geralmente ambientes com pH próximos à neutralidade apresentam uma dureza mole dado pelas baixas concentrações de carbonatos, sendo a reação com o CO₂ para o produção de bicarbonato desprezível (ESTEVEES, 2011). Idem, outros ambientes apesar das baixas concentrações de Ca²⁺, Mg²⁺, as concentrações de Na₂CO₃ são consideráveis, em outras palavras estes ambientes com baixa dureza podem apresentar elevada alcalinidade.

Os dados obtidos no presente estudo mostram que corresponde a águas moles de acordo com Mol & Alii (2005) apud Esteves (2011) que estabelece até 75 mg/L de CaCO₃. Segundo o Ministério da Saúde (2006) nos corpos d'água de reduzida dureza, a biota é mais sensível à presença de substâncias tóxicas, já que a toxicidade é inversamente proporcional ao grau de dureza da água.

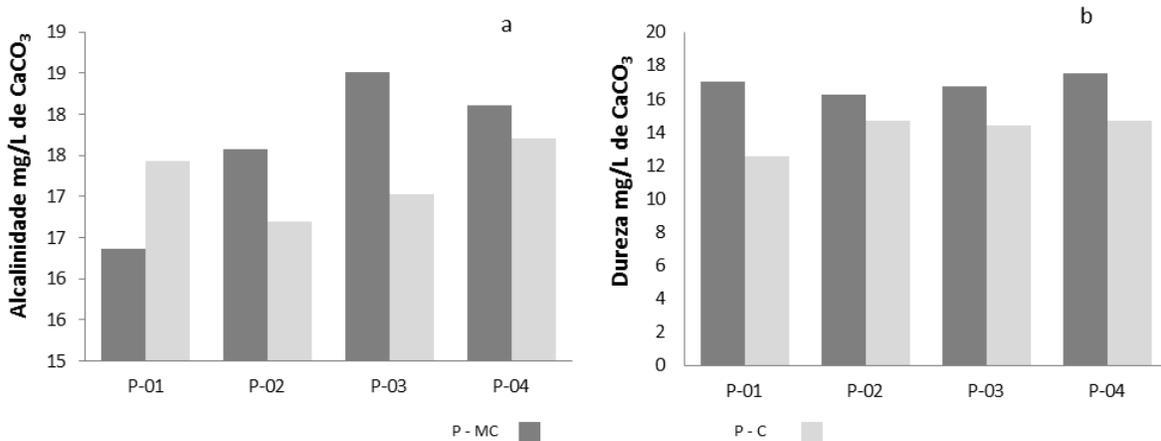


Figura 8- Teores médios: a. Alcalinidade b. Dureza. Ponto 1 (P-01), Ponto 2 (P-02), Ponto 3 (P-03), Ponto 4 (P-04), Período menos chuvoso (P - MC), Período Chuvoso (P - C).

O fósforo tem uma grande importância para os sistemas biológicos devido à participação em processos fundamentais dos seres vivos como o armazenamento de energia, estruturação da membrana celular, transferência de informação genética e metabolismo celular (ESTEVEES, 2011). Idem, a determinação das concentrações de fósforo em água e sedimentos é uma etapa

fundamental para o monitoramento e controle da eutrofização artificial, bem como para o conhecimento dos padrões de ciclagem do fósforo em ambientes aquáticos.

Segundo os resultados obtidos os teores de fósforo estão entre 0,007 a 0,02 mg/L para o período menos chuvoso e de 0,009 a 0,01 mg/L para o período chuvoso. De acordo com o teste ANOVA os fatores de sazonalidade e pontos de amostragem e a interação entre os dois fatores tem influência significativa nas médias dos teores de fósforo total aceitando as hipóteses alternativas. Porém segundo o teste Tukey resumido na tabela 16 pode-se observar que a média do ponto P-02 do período menos chuvoso apresenta diferença significativa com as médias dos demais pontos nos dois períodos de coleta, alias a média do ponto P-01 do período chuvoso não apresenta diferença significativa com as médias dos pontos P-03, P-01 e P-04 do período menos chuvoso e com as médias dos pontos P-04, P-02, P-03 do período chuvoso, porém os pontos P-03 e P-01 do período menos chuvoso sim apresentam diferenças significativas com as médias dos pontos P-04, P-02 e P-03 do período chuvoso e com o ponto P-04 do período menos chuvoso e as médias destes não apresentaram diferenças significativas entre elas.

Tabela 16- Resultados do teste Tukey para o parâmetro fósforo.

Tukey	a	b	b	b, c	c	c	c	c
Média	0,020	0,011	0,011	0,01	0,009	0,009	0,009	0,007
Tratamentos	PMC-P02	PMC-P03	PMC-P01	PC-P01	PC-P04	PC-P02	PC-P03	PMC-P04

Como se pode observa na figura 9a os maiores valores corresponde ao período menos chuvoso. Segundo Von Sperling (2007) o fósforo naturalmente encontra-se nas águas pela dissolução de compostos do solo e decomposição da matéria orgânica; também por origem antrópico principalmente aos esgotos domésticos, industriais, fertilizantes e/ou detergentes. Características particulares para o aporte natural de fósforo são descritas para diferentes condições climáticas e da vegetação na bacia de drenagem (ESTEVEES, 2011), exemplo de isso é deposição de fósforo nos corpos d'água da planície de inundação do rio Negro aumenta em sete vezes após a entrada de água da chuva previamente intersetada e escoada pela copa das árvores (FORSBERG, 1984 apud ESTEVES, 2011) Este elemento é de grande interesse em pesquisas limnológicas devido à frequente escassez do elemento na forma biologicamente disponível comparado com outros nutrientes, explicando porque em muitos ecossistemas de águas continentais o fósforo é o principal fator limitante da produtividade (WETZET, 2001 apud ESTEVES, 2011).

Segundo a resolução CONAMA 357 os padrões de fósforo total para um ambiente intermediários é até 0,025 mg/L P (com tempo de residência de 2 a 40 dias e tributários diretos do ambiente lêntico); para ambientes lótico e tributários de ambientes intermédios e até 0,1 mg/L P em águas doces classe 1. Para águas doces classe 2 é de até 0,05 mg/L P em ambientes intermediários (mesmo tempo de residência que na classe 1). E nas águas classe 3 o padrão máximo de fósforo total para ambientes intermediários é de 0,075 mg/L P (mesmo tempo de residência que na classe 1), e até 0,15 mg/L P em ambiente lóticos e tributários de ambientes intermediários, segundo os resultados obtidos no presente estudo os teores médios dos quatro pontos analisados estão dentro do padrão.

Os teores obtidos no presente estudo são mais baixos que os obtidos por Alves et al. (2012) no rio Arari na ilha de Marajó pois os valores médios encontrados estão entre 0,13 a 0,23 mg/L para o período chuvoso e de 0,21 a 0,23 mg/L no período menos chuvoso, valores que mostram que estão sofrendo pressão antrópica.

Os sulfatos são sais com muita ou moderada solubilidade, sua presença nas águas deve-se principalmente à oxidação de sulfetos nas rochas e à lixiviação de compostos sulfatados como gipsita e anidrita (ESTEVEZ, 2011). Segundo Tundisi & Matsumura- Tundisi (2008) queimadas de biomassa libera diferentes substâncias na atmosfera como ácidos orgânicos, nitrato e sulfato alterando substancialmente a composição química da água de chuva e tem efeitos deletérios sobre as águas superficiais e subterrâneas. Segundo os dados obtidos os valores médios para o período menos chuvoso estão entre 2,14 a 3,41 mg/L e para o período chuvoso os teores médios estão entre 3,42 a 14,05 mg/L, sendo maiores para o período menos chuvoso como se pode observar na figura 9b. Estatisticamente os fatores de localização de pontos de amostragem e a sazonalidade e a interação entre os dois fatores tem influência significativa nos teores médios do sulfato, rejeitando as hipóteses nulas. De outro lado segundo o teste Tukey resumido na tabela 17 a média do ponto P-02 do período menos chuvoso apresentou diferença estatística com as médias dos demais pontos nos dois período de coleta, aliás as médias dos pontos P-03 do período menos chuvoso e o P-02 do período chuvoso apresentam diferença significativa entre elas, porém as médias destes pontos não apresentam diferença com as médias dos P-01 e P-04 do período menos chuvoso e com os pontos P-04, P-03 e P-01 do período chuvoso as quais também não tem diferença significativa entre as médias.

O ponto P-02 no período menos chuvoso tem o valor médio mais elevado, pois segundo a CETESB (2012), atividades antrópicas, aportam certas concentrações de sulfato pela descarga de esgotos domésticos e efluentes industriais. De acordo com o CONAMA 357 a padrão máximo permitido de sulfato é de 250 mg/L para águas doces classes 1, 2 e 3, e os valores do presente trabalho estão dentro da norma.

Tabela 17- Resultados do teste Tukey para o parâmetro sulfato.

Tukey	a	b	b, c	b, c	b, c	b, c	b, c	c
Média	14,05	4,09	3,62	3,42	3,41	2,29	2,27	2,14
Tratamentos	PMC-P02	PMC-P03	PMC-P04	PMC-P01	PC-P04	PC-P03	PC-P01	PC-P2

Segundo dados de Payne (1986) apud Tundisi & Matsumura- Tundisi (2008) a composição iônica média de sulfato das águas de rios de América do Sul é de 9,6 mg/ L, com exceção do ponto P-02 do período menos chuvoso, os outros teores médios obtidos no presente estudo estão por embaixo deste valor.

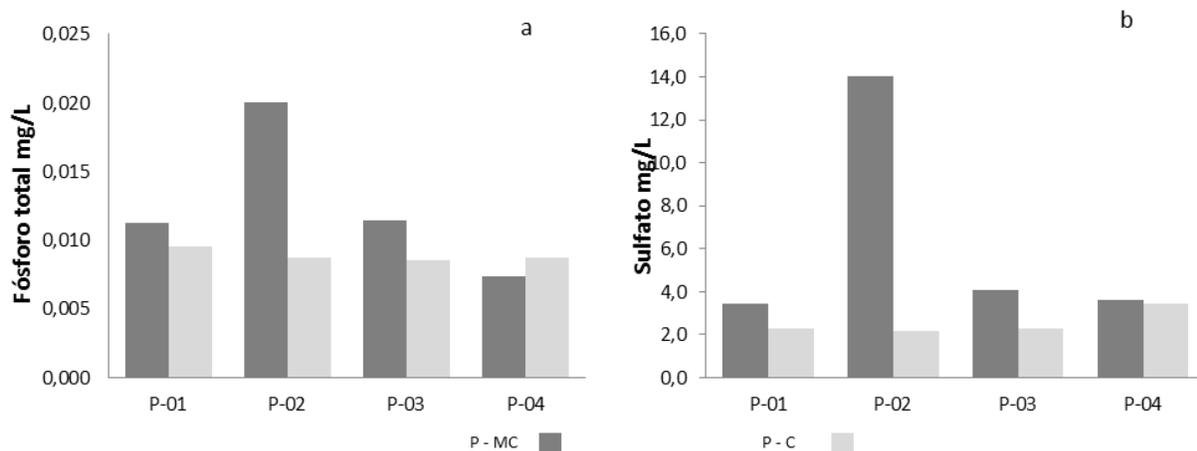


Figura 9- Teores médios: a. Fósforo total. b. Sulfato. Ponto 1 (P-01), Ponto 2 (P-02), Ponto 3 (P-03), Ponto 4 (P-04), Período menos chuvoso (P - MC), Período Chuvoso (P - C).

Nos corpos d'água a DBO é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável (CETESB, 2012). De acordo com os resultados obtidos os teores médios para o período menos chuvoso estão entre 0,194 a 0,288 mg/L O₂ e para o período chuvoso de 0,530 a 1,342mg/L O₂. De acordo com a análises de variância, estatisticamente os fatores sazonalidade, localização de pontos de amostragem e a interação entre eles tem influência significativa na DBO rejeitando as hipóteses nulas. Contudo de acordo com o teste Tukey resumido na tabela 18 as médias da DBO nos quatro pontos no período menos chuvoso não apresentaram diferença significativa entre elas, mas sim apresentaram diferença com as médias dos pontos no período chuvoso, entre tanto as médias dos pontos P-03 e P-01 do período chuvoso não apresentaram diferença significativa entre elas mais sim com os pontos P-02 e P-04 do mesmo período os quais também apresentaram diferença significativa entre suas médias.

Tabela 18- Resultados do teste Tukey para o parâmetro DBO.

Tukey	a	b	b	c	d	d	d	d
Média	1,34	1,13	1,07	0,53	0,29	0,21	0,20	0,19
Tratamentos	PC-P02	PC-P03	PC-P01	PC-P04	PMC-P01	PMC-P03	PMC-P02	PMC-P4

A matéria orgânica é a principal característica nos corpos da água na medida da DBO, por isso é um parâmetro de muita importância para o estudo de corpos d'água, efluentes industriais e esgoto doméstico, sendo estes dois últimos os principais originadores de compostos orgânicos como proteínas, carboidratos, gordura e óleos, sendo esta matéria orgânica é a principal causadora do problema da poluição das águas (VON SPERLING, 2007). Segundo a figura 10a os maiores valores da DBO correspondem para o período chuvoso. Como as fontes de matéria orgânica são naturais e antrópicas, as precipitações podem arrastar por escoamento dos solos diferentes formas de matéria orgânica como animais mortos, biomassa vegetal ou despejos antropogênicos, por outro lado o efeito da maré, entre vazante e a enchente também podem levar este material das

margens dos corpos d'água. No estudo de Alves et al (2012) no rio Arari obtiveram uma média de DBO entre 7,68 e 10,69 mg/L O₂ sendo maior para o período chuvoso, estes valores são elevados se comparados com os obtidos no presente estudo. Os teores médios para o presente estudo estão enquadrados segundo o CONAMA 357, que permite DBO até 3, 5 e 10 mg/L O₂ para águas doces classe 1, 2 e 3 respectivamente.

As principais fontes de nitrogênio para os sistemas aquáticos continentais são a fixação biológica de nitrogênio (processo de transformação de N₂ em N biológico) (ESTEVES, 2011). Os teores médios obtidos no presente trabalho de nitrogênio foram de 0,215 a 0,518 mg/L para o período menos chuvoso e de 0,05 a 0,139 mg/L no período chuvoso. Estatisticamente os fatores, pontos de amostragem e sazonalidade, assim como a interação entre eles têm influência significativa nos teores médios do nitrogênio aceitando as hipóteses alternativas. Com relação ao teste Tukey pode-se observar que as médias do nitrogênio dos pontos P-02 e P-04 do período menos chuvoso apresentaram diferença significativa entre elas e com as médias dos outros pontos nos dois períodos de coleta, por outro lado as médias dos pontos P-01 e P-03 do período menos chuvoso não apresentaram diferença significativa entre elas, mas sim com as médias dos quatro pontos no período chuvoso, e finalmente a média do ponto P-01 do período chuvoso não apresenta diferença significativa com a média dos pontos P-04, P-03 e P-02 do mesmo período, mas a média do ponto P-02 do período chuvoso sim apresentou diferença significativa com as médias dos pontos P-04 e P-03 do mesmo período.

Tabela 19- Resultados do teste Tukey para o parâmetro nitrogênio.

Tukey	a	b	b	c	d	d	d, e	e
Média	0,518	0,345	0,297	0,215	0,139	0,134	0,086	0,050
Tratamentos	PMC-P02	PMC-P01	PMC-P03	PMC-P04	PC-P04	PC-P03	PC-P01	PC-P02

O gás nitrogênio (N₂) é o mais abundante da atmosfera e um dos mais importantes na biosfera, é essencial para o metabolismo e constituição celular (biomassa), por tanto o nitrogênio é indispensável para os organismos podendo ser um fator limitante à produção primária e secundária, crescimento de algas, organismo procariotos e eucariotos nos ecossistemas aquáticos quando em baixas concentrações (STERNER & ELSER, 2002; VREDE et alii 2004 apud ESTEVES, 2011).

O nitrogênio pode ser orgânico: particulado sob forma de organismos ou detritos, nitrogênio orgânico dissolvido sob a forma de compostos lixiviados ou organismos senescentes ou mortos; e inorgânico dissolvido na forma de nitrato, nitrito, amônia, íon amônio, óxido nítrico e nitrogênio molecular (ESTEVES, 2011). Segundo a figura 10b as maiores concentrações correspondem ao período menos chuvoso. Quando são afetadas algumas variáveis como a temperatura, o pH e os potenciais de oxido-redução as concentrações das diferentes formas de nitrogênio podem apresentar queda ou aumento, por exemplo a amônia pode aumentar com temperaturas superiores a 26 °C (ESTEVES, 2011). Idem o ciclo do nitrogênio nos ecossistemas aquáticos é complexo desde a entrada, em formas assimiláveis pelos organismos até a saída sob a forma de nitrogênio molecular, necessitando de sistemas de aerobiose, anaerobiose e a interfase entre elas.

Segundo a CETESB (2012), as principais fontes de nitrogênio de origem antropogênico, são os esgotos domésticos, efluentes industriais (química, petroquímica, siderúrgicas, farmacêuticas,

conservas alimentícias, matadouros, frigoríficos e curtumes), nas áreas agrícolas também pelo escoamento superficial em solos fertilizados contribuem para a presença de diferentes formas de nitrogênio. A legislação tem o nitrogênio amoniacal como padrão de classificação das águas naturais e padrão de emissão de esgotos e tem em conta o parâmetro pH. Segundo o estudo de Alves et al(2012) no rio Arari os valores médios encontrados para nitrogênio total foram entre 4 a 6,36 mg/L, valores mais elevados se comparados com os do presente estudo.

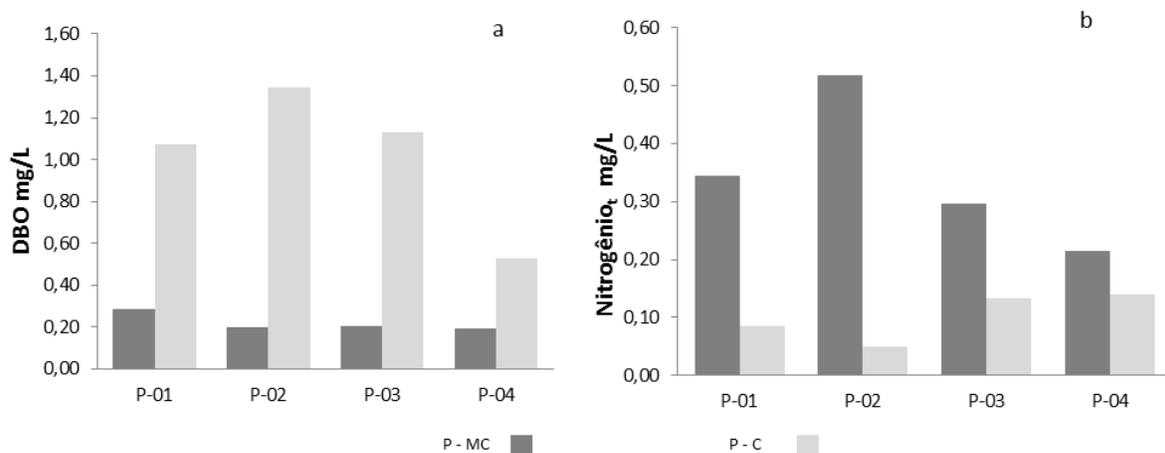


Figura 10- Teores médios: a. DBO. b. Nitrogênio total. Ponto 1 (P-01), Ponto 2 (P-02), Ponto 3 (P-03), Ponto 4 (P-04), Período menos chuvoso (P - MC), Período Chuvoso (P - C).

CONCLUSÕES

Foram analisados parâmetros de qualidade da água e com exceção do pH, estatisticamente o fator localização dos pontos de amostragem tem uma influência significativa nos valores médios da temperatura, condutividade, turbidez, DBO, cor, STD, sólidos totais, oxigênio dissolvido, cloreto, sódio, potássio, cálcio, sulfato, fósforo total, alcalinidade, dureza e nitrogênio com um nível de significância de 5%. Entre as variáveis que interferiram são, a hidrodinâmica do corpo hídrico pela a interferência da entrada e saídas de correntes oceânicas, produtos da maré, por outro lado a recepção de efluentes domésticos e industriais em diferentes pontos difusos na área.

A condutividade, STD e sódio foram parâmetros que apresentaram uma maior concentração no ponto P-02 no período menos chuvoso, localizado na frente do Polo Industrial de Barcarena, parâmetros relacionados com lançamento de efluentes industriais, segundo isto as chuvas tem grande importância na dissolução de substâncias que alteram a composição dos STD e da condutividade e especialmente em locais com influência de atividades antrópicas. Contudo, deve se considerar a importância dos atuais estudos das mudanças climáticas, pois se no período do ano que diminuem as precipitações observa-se aumento dos teores da condutividade, é possível que diferentes substâncias estejam se acumulando nos sedimentos nos corpos d'água da região, causando danos nos ecossistemas e comunidades aquáticas o que com o tempo e/ou por uma seca prolongada podem comprometer a biota aquática.

Rios de grandes tamanhos e com influência de maré como é o caso do trecho do rio objeto de estudo, por seus processos hidrodinâmicos e localizado em zonas com poucas alterações pluviométricas têm grande possibilidade de diluir as substâncias provenientes de processos naturais e antropogênicos, porém a constante pressão causada no entorno dos recursos hídricos, como o desmatamento, modificação dos solos, atividades minerais e/ou lançamento de rejeitos em corpos hídricos são acumulativos e causadores da degradação ao longo do tempo, então, desta forma, é de suma importância o monitoramento destes locais de risco considerando que atividades minerais e metalúrgicas são de elevado poder poluidor.

A sazonalidade teve influência significativa nos teores médios dos parâmetros de pH, temperatura, condutividade, STD, sólidos totais, cor, turbidez, sódio, potássio, dureza, cálcio, DBO, oxigênio dissolvido, sulfato, fósforo total, e nitrogênio total, porém, não teve influência no cloreto e alcalinidade, pois com o aumento das chuvas alguns parâmetros da qualidade das águas podem ser afetados, consideravelmente pelo aumento de substâncias dissolvidas e material particulado, além o aumento da pluviosidade tem um papel importante na depuração dos corpos d'água que funcionam como corpos receptores de efluentes e esgoto sanitário.

De forma geral atividades antrópicas e naturais tem um papel importante na composição química de um corpo d'água, porém quando é excessiva a modificação dos solos e os usos dos recursos hídricos, a poluição é um fato, comprometendo a qualidade da água e colocando em risco, comunidades aquáticas e a própria sociedade.

De acordo com os resultados obtidos, os parâmetros estão dentro dos padrões de qualidade permitidos na legislação do CONAMA 357, com exceção de um valor médio da cor do ponto PO-4 no período chuvoso, contudo deve-se ter em conta que a região amazônica tem a maior bacia hidrográfica do Brasil e além disso tem uma classificação de diferentes tipos de rios cabendo a sugestão de modificar alguns padrões de qualidade da água tendo em conta a natureza do rio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas Preservação e Técnicas de Amostragem de Efluentes Líquidos e Corpos Receptores NBR 9898. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

ALVES, I. C. C.; EL-ROBRINI, M.; SANTOS, M. de L. S. MONTEIRO S. M.; BARBOSA, L. P. F.; GUIMARÃES, J. T. F. Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil). *Revista ACTA AMAZONICA*. v. 42, n. 1 p: 115-124. 2008.

APHA-American Public Health Association.. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington: Library of Congress. 19th ed. 1134 pp, 1995.

Barcarena Município de. Estatística Municipal. Instituto de Desenvolvimento Economico, Social e Ambiental do Pará ed. Secretaria de Estado de Planejamento Orçamento e Finanças. Barcarena: Governo do Estado do Pará, 2011.

BRASIL Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto Radam: Folha SA- 22 Belém-PA. Geologia, geomorfologia, solos vegetais e uso potencial. Rio de Janeiro, 1974.

CETEBS Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. CETEBS. <<http://www.cetesb.sp.gov.br>> Acesso: 2012. 20 de Setembro de 2012.

COHEN, J. C. P.; BELTRAO, J. da C.; GANDU, A. W.; SILVA, R. R. da. Influência do desmatamento sobre o ciclo hidrológico na Amazônia. *Cienc. Cult.* [online]. 2007, vol.59, n.3, pp. 36-39. ISSN 0009-6725.

CONAMA Conselho Nacional do Meio Ambiente. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Resolução No 430, de 13 de Maio de 2011. Brasília, 2011.

CONAMA Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.

DREVER, J. I. The Geochemistry of natural waters. PRENTICE HALL, 1988.

ESTEVES, F. Fundamentos de limnologia, 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência. FINEP 1998.

ESTEVES, F. Fundamentos de limnologia, 3 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. p: 826.

GOMES, M. V., COSTA A. S., GARCIA, C. A. B., PASSOS, E. A. e ALVES, J. P. H. Concentrações e associações geoquímicas de Pb e Zn em sedimentos do rio São Francisco impactados por rejeitos da produção industrial de zinco. *Quím. Nova*, São Paulo, v. 33, n. 10, 2010.

HEM, J. D. Study and Interpretation of the chemical characteristics of natural waters. Washington: U.S. Geological Survey, 1970. 363p

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. 2012, consultado em <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>

LAPPONI, J. C. Estatística usando Excel. Rio de Janeiro : ELSEVIER- CAMPUS, ed. 4. 2005 p. 476.

LEÓN, J. A. C. Notas de classe. Facultad del medio ambiente y recursos naturales. Calidad de aguas para estudiantes de ciencias ambientales. Universidad Distrital Francisco José de Caldas Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales ed. 1, 2005.

MACHADO, A. L. S. PACHECO, J. B. Serviços ecossistêmicos e o ciclo hidrológico da Bacia Hidrográfica Amazônica. Revista GEONORTE. V-01, N 01, 2010. p 71-89.

METCALF, L. EDDY, H. P. Wastewater Engineering-Treatment Disposal and Reuse. 4 ed. New York: McGraw-Hill Book Company. 2003.

MINISTÉRIO DA SAÚDE, Vigilância e Controle da Qualidade da Água Para o Consumo Brasília. Secretaria de Vigilância em Saúde, 2006. p. 212.

MIRANDA, R.G.; PEREIRA, S. de F. P.; ALVES, D. T. V.; OLIVEIRA, G. R. F. Qualidade dos recursos hídricos da Amazônia – Rio Tapajós: avaliação de caso em relação aos elementos químicos e parâmetros físico- químicos. . Revista água & Ambiente v.4, n. 2, 2009.

MONACO, P. A. MATOS, A. T.; SILVA, N. C. L.; LIMA, C.R da.; MOREIRA, R. M. Estimativa da concentração de potássio a partir da condutividade elétrica em água residuárias da lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro. Universidade Federal de Viçosa. <<http://www.poscolheita.com.br/poscolheita/Artigos/Meio%20Ambiente/CONIRD%20PAOLA%2011.pdf>> . Acesso: 8 de Setembro de 2012.

PAZ, A. C.; FREDOU, F L.; FREDOU, T. Caracterização da atividade pesqueira em Vila do Conde (Barcarena, Pará), no estuário amazônico. Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Ciênc. hum., Belém, v. 6, n. 2, Aug. 2011.

PEREIRA, S de F.; LIMA, M. A.; FREITAS, K'E. H.; MESCOUTO, C. S.; SARAIVA, A. F. Estudo químico ambiental do Rio Murucupi- Barcarena, PA, Brasil área impactada pela produção de alumínio. Revista água & Ambiente v.2, n. 3, 2007.

PIRES, J.M. PRANCE, G.T. 1985, The Vegetation types of Brazilian Amazon.

RODIER, J. Analisis de las aguas. Barcelona. OMEGA. 1981. p. 1059.

SANCHEZ, L. E. Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos. Oficina de Textos, São Paulo, 2006. p. 24.

SEP Secretaria Especial de Portos Atualização do Plano de Desenvolvimento e Zoneamento do Porto de Vila do Conde, Situado no Município de Barcarena, Belém/Pará [Relatório] Atualização Companhia Docas do Pará, Autoridade Portuária. Belém: PLANAVE S.A., 2010

SILVA, A. E. P.; ANGELIS, C. F.; MACHADO, L. A. T.; WAICHAMAN, A.V. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. Revista ACTA AMAZONICA. v. 38, n. 4 p: 733-742. 2008

SIOLI, H. O Rio Arapiuns. Estudo limnológico de um corpo d'água da região do terciário, plioceno, série das barreiras, do Baixo Amazonas. Boletim Técnico Inst. Agr. Norte Belém. 1956.

SIOLI, H. Pesquisas limnológicas na região da estrada de ferro de Bragança- Estado do Pará-Brasil. Boletim técnico Inst. Agr. Norte Belém. 1960.

SIOLI, H. Valores de pH de águas amazônicas. Boletim Museo Paraense Emílio Goldie: Nova série Geologia. Belém. 1957.

SOARES, G.T.; TÁVORA, F.; NUNES. R de O. Índice de qualidade das águas claras, Alvorada do Oeste RO. TCC. Faculdade de Ciências Biomédicas de Cacoal – FACIMED, 2009.

TUNDISI, J.G. & MATSUMURA TUNDISI, T. 2008. Limnologia. Oficina de Textos Editora, São Paulo. 632 p

VASCONCELOS, V. de M. M.; SOUZA, C. F. Caracterização dos parâmetros de qualidade da água do manancial Utinga, Belém, PA, Brasil. Revista água & Ambiente v. 6, n. 2, 2011.

VON SPERLING, M. Estudos de modelagem da qualidade da água de rios. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Belo Horizonte. Universidade Federal de Minas Gerais-UFMG, 2007. Vol. 7: p. 452.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto. 3 ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Belo Horizonte. Universidade Federal de Minas Gerais- UFMG, 2005. p. 588.

ZUIN, V. G.; IORIATTI, M. C. S.; MATHEUS C. E. O emprego de parâmetros físicos e químicos para a avaliação da qualidade de águas naturais: Uma Proposta para a Educação Química e Ambiental na Perspectiva CTSA. Química e Sociedade, 2008, v. 31, n. 1.

APÊNDICES

APÊNDICE 1- Valores do pH nos pontos de coleta na área de estudo.

Hora	pH							
	Período menos chuvoso				Período chuvoso			
	P-01	P-02	P-03	P-04	P-01	P-02	P-03	P-04
06:00	6,5	6,96	7,08	7,22	7,03	7,37	7,33	7,22
07:30	6,69	6,89	7,13	7,17	7,43	7,42	7,28	7,18
09:00	7,06	6,83	7,15	7,17	7,49	7,39	7,35	7,19
10:30	7,12	6,81	7,16	7,15	7,51	7,37	7,36	7,25
12:00	7,18	6,97	7,17	7,16	7,45	7,34	7,29	7,28
13:30	7,17	7,14	7,24	7,11	7,41	7,39	7,3	7,18
15:00	7,2	7,21	7,22	7,02	7,24	7,38	7,32	7,18
16:30	7,2	7,21	7,18	6,82	7,13	7,41	7,26	7,23
18:00	7,05	7,11	7,25	6,58	7,41	7,44	7,28	7,24
Média	7,02	7,01	7,18	7,04	7,34	7,39	7,31	7,22
Desvio padrão	0,25	0,16	0,05	0,21	0,17	0,03	0,03	0,04
Mínimo	6,50	6,81	7,08	6,58	7,03	7,34	7,26	7,18
Máximo	7,20	7,21	7,25	7,22	7,51	7,44	7,36	7,28

APÊNDICE 2- Valores da condutividade nos pontos de coleta na área de estudo.

Hora	Condutividade $\mu\text{S/cm}$							
	Período menos chuvoso				Período chuvoso			
	P-01	P-02	P-03	P-04	P-01	P-02	P-03	P-04
06:00	59,2	59,6	54,1	46,6	34,1	48,7	43,6	42,8
07:30	54,2	66,2	54,3	43,9	34,2	42,4	43,8	48,2
09:00	47,4	66,6	42	45,5	35,6	43,2	43,0	41,9
10:30	49	89,4	43	44	38,1	43,4	40,8	41,7
12:00	45,9	90,5	46,3	44,9	38,3	41,2	46,6	40,5
13:30	46,7	85,1	44,5	45,4	35,8	41,9	38,2	43,3
15:00	47,8	49,5	41,4	44,7	34,0	40,9	40,6	42,9
16:30	47,8	55,8	43,9	44,9	31,9	41,2	46,6	43,5
18:00	48,1	50	45,2	45,8	39,9	40,5	45,8	43,0
Média	49,57	68,08	46,08	45,08	35,77	42,60	43,22	43,09
Desvio padrão	4,3	16,4	4,8	0,9	2,6	2,5	2,9	2,1
Mínimo	45,9	49,5	41,4	43,9	31,9	40,5	38,2	40,5
Máximo	59,2	90,5	54,3	46,6	39,9	48,7	46,6	48,2

APÊNDICE 3- Valores da temperatura nos pontos de coleta na área de estudo.

Hora	Temperatura °C							
	Período menos chuvoso				Período chuvoso			
	P-01	P-02	P-03	P-04	P-01	P-02	P-03	P-04
06:00	29,2	29,5	29,6	30,4	29,2	28,7	29,5	29,4
07:30	29,3	29,6	29,4	30,6	28,9	29,3	29,8	29,7
09:00	29,6	30,1	30,4	30,8	29,1	29,9	29,9	29,9
10:30	30,7	30,3	31,6	31,0	29,9	30,0	29,9	30,2
12:00	30,6	30,5	31,8	31,2	29,7	29,7	30,2	30,2
13:30	30,8	31,0	31,6	31,4	29,5	30,0	30,8	31,0
15:00	31,3	31,1	30,9	31,4	29,3	30,1	30,5	29,9
16:30	31,3	31,5	30,7	31,6	29,1	30,1	29,9	30,4
18:00	31,2	31,0	30,6	31,6	29,5	30,0	30,1	30,2
Média	30,4	30,5	30,7	31,1	29,4	29,8	30,1	30,1
Desvio padrão	0,85	0,70	0,86	0,44	0,32	0,47	0,39	0,46
Mínimo	29,2	29,5	29,4	30,4	28,9	28,7	29,5	29,4
Máximo	31,3	31,5	31,8	31,6	29,9	30,1	30,8	31

APÊNDICE 4- Valores dos sólidos totais nos pontos de coleta na área de estudo.

Hora	Sólidos Totais mg/L							
	Período menos chuvoso				Período chuvoso			
	P-01	P-02	P-03	P-04	P-01	P-02	P-03	P-04
06:00	90	92	46	54	54	68	64	90
07:30	70	72	52	58	60	54	60	88
09:00	88	74	34	54	80	62	56	94
10:30	94	74	48	56	56	60	52	84
12:00	70	78	46	48	66	60	62	70
13:30	100	56	50	56	60	62	52	80
15:00	62	56	38	30	92	68	70	76
16:30	72	44	44	64	68	50	42	68
18:00	74	56	28	34	60	62	38	78
Média	80,00	66,89	42,89	50,44	66,22	60,67	55,11	80,89
Desvio padrão	13,15	14,84	7,94	11,30	12,39	5,83	10,35	8,89
Mínimo	62	44	28	30	54	50	38	71,09
Máximo	100	92	52	64	92	68	70	24,54

APÊNDICE 5- Valores do oxigênio dissolvido nos pontos de coleta na área de estudo.

Hora	OD mg/L							
	Período menos chuvoso				Período chuvoso			
	P-01	P-02	P-03	P-04	P-01	P-02	P-03	P-04
06:00	8,2	8,0	6,4	7,5	7,7	7,8	7,6	7,8
07:30	7,7	7,7	7,0	7,4	8,0	8,2	7,7	7,4
09:00	6,9	8,0	8,2	7,6	8,0	7,8	7,5	8,1
10:30	7,5	7,9	6,8	7,4	7,8	8,1	7,5	7,7
12:00	8,2	8,1	6,3	8,2	7,9	8,2	7,2	7,8
13:30	8,3	8,1	7,0	7,7	7,7	7,8	7,4	7,5
15:00	7,0	7,9	6,8	7,4	8,0	7,9	7,6	8,2
16:30	7,3	7,8	7,1	7,5	7,5	8,3	7,0	8,1
18:00	7,0	8,0	7,0	7,8	8,2	7,8	7,8	8,0
Média	7,57	7,94	6,96	7,61	7,87	7,99	7,48	7,84
Desvio padrão	0,6	0,1	0,5	0,3	0,21	0,21	0,25	0,28
Mínimo	6,9	7,7	6,3	7,4	7,5	7,8	7	7,4
Máximo	8,3	8,1	8,2	8,2	8,2	8,3	7,8	8,2

APÊNDICE 6- Valores dos sólidos totais dissolvidos nos pontos de coleta na área de estudo.

Hora	STD mg/L							
	Período menos chuvoso				Período chuvoso			
	P-01	P-02	P-03	P-04	P-01	P-02	P-03	P-04
06:00	19,56	23,7	20,6	16,09	10,3	12,97	13,98	12,51
07:30	17,48	27,4	20,5	16,63	10,45	13,17	14,16	13,39
09:00	15,76	27,1	14,94	15,9	10,65	12,88	13,27	12,97
10:30	16,55	38,9	15,12	15,68	10,69	13,04	11,85	12,7
12:00	14,55	38,3	16,9	16,48	11,2	12,6	14,78	11,45
13:30	14,89	27,6	15,96	17	10,34	12,78	11,16	12,94
15:00	16,23	18,02	15,42	16,33	9,99	12,52	12,53	13,3
16:30	15,93	23,2	16,04	16,12	8,79	11,97	14,47	13,03
18:00	16,69	19,25	16,34	16,33	11,02	12,03	13,98	12,59
Média	16,40	27,05	16,87	16,28	10,38	12,66	13,35	12,76
Desvio padrão	7,4	2,2	0,4	0,70	0,43	1,25	0,58	8,89
Mínimo	18,02	14,94	15,68	8,79	11,97	11,16	11,45	71,09
Máximo	38,9	20,6	17	11,2	13,17	14,78	13,39	24,54

APÊNDICE 7- Valores da turbidez nos pontos de coleta na área de estudo.

Hora	Turbidez UNT							
	Período menos chuvoso				Período chuvoso			
	P-01	P-02	P-03	P-04	P-01	P-02	P-03	P-04
06:00	12,94	12,06	21,7	8,47	9,57	11,33	13,49	45,3
07:30	12,65	19,77	27,2	8,41	16,19	13,45	14,44	36,7
09:00	30,7	17,93	20,9	13,18	29,3	15,65	14,64	56,6
10:30	23,4	11,2	25,1	18,61	15,53	14,83	14,63	48,1
12:00	18,11	8,08	20,3	21,4	12,21	11,5	16,72	39
13:30	26,4	9,55	12,43	10,7	26,3	13,36	14,05	46,7
15:00	23,5	10,61	19,12	12,68	13,07	16,58	13,38	43,7
16:30	21,9	12,52	19,76	10,8	17,32	7,72	14,01	42,4
18:00	9,92	12,16	24,5	11,95	17,05	12,37	11,64	42,5
Média	19,95	12,65	21,22	12,91	17,39	12,98	14,11	44,56
Desvio padrão	7,00	3,81	4,28	4,40	6,45	2,67	1,35	5,76
Mínimo	9,92	8,08	12,43	8,41	9,57	7,72	11,64	36,7
Máximo	30,7	19,77	27,2	21,4	29,3	16,58	16,72	56,6

APÊNDICE 8- Valores da cor nos pontos de coleta na área de estudo.

Hora	Cor mgPt/L							
	Período menos chuvoso				Período chuvoso			
	P-01	P-02	P-03	P-04	P-01	P-02	P-03	P-04
06:00	56,4	36,9	43,8	27,9	46,9	44,1	48,9	88,3
07:30	52,2	41,3	45,8	29,9	49,7	48,0	53,5	92,6
09:00	57,9	35,8	42,9	37,8	56,0	47,6	50,8	102,0
10:30	51,8	33,1	45,9	39,1	52,0	46,1	48,7	98,9
12:00	38,8	29	41,9	36,9	59,0	52,6	55,6	103,0
13:30	37,6	32,9	36,2	36,1	49,9	46,9	55,8	98,4
15:00	45,9	33,7	41,2	41,1	71,4	53,0	45,8	98,5
16:30	44,2	37,9	39,3	35	85,4	48,0	44,8	94,9
18:00	36,7	38,5	44,9	36,2	64,3	48,3	48,0	88,4
Média	46,86	35,46	42,43	35,56	59,40	48,29	50,21	96,11
Desvio padrão	8,1	3,7	3,2	4,2	12,51	2,87	4,02	5,42
Mínimo	36,7	29	36,2	27,9	46,9	44,1	44,8	88,3
Máximo	57,9	41,3	45,9	41,1	85,4	53	55,8	103

APÊNDICE 9- Valores do fósforo total nos pontos de coleta na área de estudo.

Hora	Fósforo total mg/L							
	Período menos chuvoso				Período chuvoso			
	P-01	P-02	P-03	P-04	P-01	P-02	P-03	P-04
06:00	0,010	0,011	0,010	0,006	0,008	0,010	0,008	0,008
07:30	0,011	0,011	0,013	0,010	0,010	0,005	0,008	0,008
09:00	0,021	0,013	0,011	0,006	0,019	0,007	0,007	0,008
10:30	0,011	0,011	0,014	0,006	0,010	0,010	0,010	0,008
12:00	0,010	0,050	0,010	0,006	0,008	0,011	0,008	0,010
13:30	0,006	0,027	0,010	0,008	0,005	0,008	0,010	0,010
15:00	0,013	0,018	0,013	0,008	0,011	0,010	0,010	0,010
16:30	0,010	0,019	0,011	0,006	0,008	0,010	0,010	0,008
18:00	0,010	0,019	0,011	0,008	0,008	0,010	0,008	0,010
Média	0,011	0,020	0,011	0,007	0,010	0,009	0,009	0,009
Desvio padrão	0,004	0,012	0,002	0,001	0,004	0,002	0,001	0,001
Mínimo	0,006	0,011	0,010	0,006	0,005	0,005	0,007	0,008
Máximo	0,021	0,050	0,014	0,010	0,019	0,011	0,010	0,010

APÊNDICE 10- Valores da DBO nos pontos de coleta na área de estudo.

Hora	DBO mg/L							
	Período menos chuvoso				Período chuvoso			
	P-01	P-02	P-03	P-04	P-01	P-02	P-03	P-04
06:00	0,29	0,32	0,12	0,05	1,5	1,09	1,91	0,58
07:30	0,57	0,48	0,40	0,05	1,49	0,84	0,94	0,17
09:00	0,57	0,40	0,04	0,08	1,21	1,26	1,3	0,44
10:30	0,27	0,18	0,11	0,73	1,39	1,64	1,21	0,77
12:00	0,25	0,04	0,19	0,08	0,49	1,79	0,51	0,54
13:30	0,05	0,09	0,02	0,06	0,63	1,84	1,4	0,2
15:00	0,13	0,04	0,02	0,18	1,03	0,7	1,21	1,07
16:30	0,37	0,12	0,87	0,15	0,87	1,76	1,4	0,68
18:00	0,09	0,13	0,09	0,37	1,02	1,16	0,3	0,32
Média	0,288	0,200	0,207	0,194	1,070	1,342	1,131	0,530
Desvio padrão	0,2	0,2	0,3	0,2	0,36	0,43	0,49	0,29
Mínimo	0,05	0,04	0,04	0,048	0,49	0,7	0,3	0,17
Máximo	0,57	0,48	0,48	0,73	1,5	1,84	1,91	1,07

APÊNDICE 11- Valores do cloreto nos pontos de coleta na área de estudo.

Hora	Cloreto mg/L							
	Período menos chuvoso				Período chuvoso			
	P-01	P-02	P-03	P-04	P-01	P-02	P-03	P-04
06:00	0,25	0,70	0,50	0,35	0,20	0,45	0,35	0,35
07:30	0,25	0,55	0,60	0,35	0,20	0,45	0,35	0,35
09:00	0,35	0,60	0,20	0,50	0,30	0,45	0,35	0,45
10:30	0,20	0,25	0,20	0,50	0,30	0,35	0,35	0,35
12:00	0,30	0,25	0,30	0,50	0,30	0,35	0,45	0,35
13:30	0,35	0,35	0,50	0,30	0,20	0,45	0,45	0,35
15:00	0,20	0,25	0,50	0,30	0,20	0,35	0,35	0,45
16:30	0,25	0,35	0,60	0,70	0,20	0,45	0,45	0,35
18:00	0,20	0,35	0,30	0,50	0,20	0,45	0,35	0,35
Média	0,26	0,41	0,41	0,44	0,23	0,42	0,38	0,37
Desvio padrão	0,06	0,17	0,16	0,13	0,05	0,05	0,05	0,04
Mínimo	0,20	0,25	0,20	0,30	0,20	0,35	0,35	0,35
Máximo	0,35	0,70	0,60	0,70	0,30	0,45	0,45	0,45

APÊNDICE 12- Valores de sulfato nos pontos de coleta na área de estudo.

Hora	Sulfato mg/L							
	Período menos chuvoso				Período chuvoso			
	P-01	P-02	P-03	P-04	P-01	P-02	P-03	P-04
06:00	3,34	9,23	6,38	2,98	1,85	1,75	2,25	4,07
07:30	4,05	13,34	7,98	3,52	2,05	1,65	2,05	5,48
09:00	3,88	7,80	2,27	3,52	1,75	1,44	1,85	2,05
10:30	3,88	33,34	3,34	3,70	2,76	3,26	1,44	4,27
12:00	2,63	30,48	3,34	3,52	2,35	2,05	2,96	2,45
13:30	3,52	9,95	3,16	4,95	2,35	2,35	2,66	2,56
15:00	2,98	5,48	3,34	3,34	2,25	2,15	1,95	2,86
16:30	3,34	10,66	3,16	2,98	2,45	2,15	3,16	3,06
18:00	3,16	6,20	3,88	4,05	2,66	2,45	2,25	3,87
Média	3,42	14,05	4,09	3,62	2,27	2,14	2,29	3,41
Desvio padrão	0,5	10,4	1,8	0,6	0,05	0,05	0,05	0,04
Mínimo	2,63	5,48	2,27	2,98	0,20	0,35	0,35	0,35
Máximo	4,05	33,34	7,98	4,95	0,30	0,45	0,45	0,45

APÊNDICE 13- Valores do sódio nos pontos de coleta na área de estudo.

Hora	Sódio mg/L							
	Período menos chuvoso				Período chuvoso			
	P-01	P-02	P-03	P-04	P-01	P-02	P-03	P-04
06:00	2,4	7	3,1	2,9	1,5	3,6	2,9	3,4
07:30	2,8	9,2	2,8	2,5	1,4	3,4	2,3	2,8
09:00	3,1	7,2	1,5	2,6	1,8	2,9	1,7	3,5
10:30	3,1	14,5	2,6	2,5	1,7	2,5	2,9	3,8
12:00	2,6	9,1	2,9	2,6	1,9	2,4	1,4	4,2
13:30	2,7	2,9	2,2	2,6	1,3	2,8	3,4	3,3
15:00	2,9	3,1	3,2	2,6	1,4	2,6	6,2	3,4
16:30	3,1	4,8	2,9	3	1,4	2,7	5,3	3,4
18:00	3,3	3,3	2,9	2,9	1,5	2,6	3,4	2,8
Média	2,89	6,79	2,68	2,69	1,54	2,83	3,28	3,40
Desvio padrão	0,29	3,80	0,53	0,19	0,21	0,41	1,58	0,44
Mínimo	2,4	2,9	1,5	2,5	1,3	2,4	1,4	2,8
Máximo	3,3	14,5	3,2	3	1,9	3,6	6,2	4,2

APÊNDICE 14- Valores de cálcio nos pontos de coleta na área de estudo.

Hora	Cálcio mg/L							
	Período menos chuvoso				Período chuvoso			
	P-01	P-02	P-03	P-04	P-01	P-02	P-03	P-04
06:00	0,6	2,6	2	2,9	0,5	1	0,7	0,8
07:30	0,6	2,5	1,9	2,2	0,5	0,9	0,7	0,8
09:00	1,7	2,1	1,6	2,3	0,6	0,8	0,7	0,7
10:30	2,1	2,2	2,6	2,2	0,6	0,8	0,7	0,9
12:00	2,5	1,5	2,5	2,5	0,6	0,8	0,8	0,9
13:30	2,3	1,5	4,2	2,4	0,5	0,8	0,6	0,9
15:00	2,3	2,2	2,8	2,6	0,5	0,8	0,8	0,8
16:30	2,3	2,3	2,7	2,9	0,5	0,8	1	0,8
18:00	2,6	2,3	2,6	2,6	0,8	0,7	1	0,7
Média	1,89	2,13	2,54	2,51	0,57	0,82	0,78	0,81
Desvio padrão	0,8	0,4	0,7	0,3	0,10	0,08	0,14	0,08
Mínimo	0,6	1,5	1,6	2,2	0,5	0,7	0,6	0,7
Máximo	2,6	2,6	4,2	2,9	0,8	1	1	0,9

APÊNDICE 15- Valores do potássio nos pontos de coleta na área de estudo.

Hora	Potássio mg/L							
	Período menos chuvoso							
	P-01		P-01		P-01		P-01	
06:00	1,2	06:00	1,2	06:00	1,2	06:00	1,2	06:00
07:30	1,3	07:30	1,3	07:30	1,3	07:30	1,3	07:30
09:00	1,4	09:00	1,4	09:00	1,4	09:00	1,4	09:00
10:30	1,5	10:30	1,5	10:30	1,5	10:30	1,5	10:30
12:00	1,5	12:00	1,5	12:00	1,5	12:00	1,5	12:00
13:30	1,4	13:30	1,4	13:30	1,4	13:30	1,4	13:30
15:00	1,4	15:00	1,4	15:00	1,4	15:00	1,4	15:00
16:30	1,4	16:30	1,4	16:30	1,4	16:30	1,4	16:30
18:00	1,5	18:00	1,5	18:00	1,5	18:00	1,5	18:00
Média	1,40	Média	1,40	Média	1,40	Média	1,40	Média
Desvio padrão	0,1	Desvio padrão	0,1	Desvio padrão	0,1	Desvio padrão	0,1	Desvio padrão
Mínimo	1,2	Mínimo	1,2	Mínimo	1,2	Mínimo	1,2	Mínimo
Máximo	1,5	Máximo	1,5	Máximo	1,5	Máximo	1,5	Máximo

APÊNDICE 16- Valores de alcalinidade nos pontos de coleta na área de estudo.

Hora	Alcalinidade mg/L							
	Período menos chuvoso				Período chuvoso			
	P-01	P-02	P-03	P-04	P-01	P-02	P-03	P-04
06:00	16,96	19,39	16,96	16,96	16,96	17,57	16,96	16,96
07:30	16,36	18,78	17,57	17,57	16,96	17,57	17,57	16,96
09:00	16,36	16,96	17,57	17,57	16,36	16,96	18,18	17,57
10:30	16,96	17,57	19,39	19,39	18,78	16,36	15,15	16,36
12:00	16,96	15,15	19,39	19,39	18,18	15,15	16,96	15,75
13:30	14,54	16,96	18,78	18,78	15,75	16,96	15,75	17,57
15:00	18,18	16,36	18,78	18,78	15,75	16,96	16,96	19,39
16:30	15,15	18,18	17,57	16,96	18,18	17,57	17,57	19,99
18:00	15,75	18,78	20,60	17,57	19,99	15,15	18,18	18,78
Média	16,36	17,57	18,51	18,11	17,44	16,70	17,03	17,71
Desvio padrão	1,09	1,35	1,18	0,98	1,45	0,96	1,02	1,41
Mínimo	14,54	15,15	16,96	16,96	15,75	15,15	15,15	15,75
Máximo	18,18	19,39	20,60	19,39	19,99	17,57	18,18	19,99

APÊNDICE 17- Valores do nitrogênio nos pontos de coleta na área de estudo.

Hora	Nitrogênio mg/L							
	Período menos chuvoso				Período chuvoso			
	P-01	P-02	P-03	P-04	P-01	P-02	P-03	P-04
06:00	0,301	0,624	0,496	0,359	0,022	0,170	0,217	0,132
07:30	0,464	0,635	0,358	0,324	0,022	0,094	0,135	0,112
09:00	0,154	0,490	0,307	0,135	0,078	0,007	0,161	0,073
10:30	0,193	0,724	0,407	0,263	0,005	0,056	0,260	0,216
12:00	0,468	0,388	0,256	0,460	0,139	0,010	0,290	0,278
13:30	0,398	0,548	0,237	0,139	0,247	0,012	0,057	0,208
15:00	0,541	0,505	0,148	0,052	0,109	0,020	0,050	0,036
16:30	0,391	0,460	0,354	0,023	0,038	0,059	0,003	0,090
18:00	0,198	0,293	0,110	0,176	0,114	0,021	0,029	0,111
Média	0,345	0,518	0,297	0,215	0,086	0,050	0,134	0,139
Desvio padrão	0,14	0,13	0,12	0,15	0,08	0,05	0,11	0,08
Mínimo	0,154	0,293	0,110	0,023	0,005	0,007	0,003	0,036
Máximo	0,541	0,724	0,496	0,460	0,247	0,170	0,290	0,278

APÊNDICE 18- Valores de dureza nos pontos de coleta na área de estudo.

Hora	Dureza mg/L							
	Período menos chuvoso				Período chuvoso			
	P-01	P-02	P-03	P-04	P-01	P-02	P-03	P-04
06:00	18,82	16,47	16,47	16,47	14,12	16,47	14,12	14,12
07:30	16,47	16,47	16,47	18,82	11,76	14,12	14,12	14,12
09:00	16,47	16,47	16,47	18,82	14,12	14,12	14,12	14,12
10:30	16,47	16,47	16,47	16,47	11,76	14,12	16,47	14,12
12:00	16,47	16,47	16,47	16,47	11,76	14,12	14,12	14,12
13:30	18,82	16,47	18,82	16,47	11,76	14,12	14,12	16,47
15:00	16,47	14,12	16,47	16,47	11,76	14,12	14,12	14,12
16:30	16,47	16,47	16,47	16,47	11,76	16,47	14,12	16,47
18:00	16,47	16,47	16,47	21,18	14,12	14,12	14,12	14,12
Média	16,99	16,21	16,73	17,52	12,55	14,64	14,38	14,64
Desvio padrão	1,04	0,78	0,78	1,71	1,18	1,04	0,78	1,04
Mínimo	16,471	14,118	16,471	16,471	11,765	14,118	14,118	14,118
Máximo	18,824	16,471	18,824	21,176	14,118	16,471	16,471	16,471

APÊNDICE 19- Dados da análise de variância: F crítico, F calculado, valor- p, hipóteses aceita, para cada parâmetro.

Parâmetro	Interações				Sazonalidade				Pontos de amostragem			
	F crítico	F	Valor-P	Hipótese Aceita	F crítico	F	Valor-P	Hipótese Aceita	F crítico	F	Valor-P	Hipótese Aceita
pH	2,748	2,96	3,88E-02	H1	3,9909	54,23	4,26E-10	H1	2,748	1,84	1,50E-01	Ho
Temperatura	2,748	0,52	6,71E-01	Ho	3,9909	39,62	3,16E-08	H1	2,748	4,85	4,21E-03	H1
Cloreto	2,748	0,49	6,88E-01	Ho	3,9909	1,45	2,34E-01	Ho	2,748	10,71	8,50E-06	H1
Condutividade	2,748	12,99	1E-06	H1	3,9909	51,97	8E-10	H1	2,748	14,51	2,6E-07	H1
STD	2,748	14,92	1,80E-07	H1	3,9909	105,74	3,47E-15	H1	2,748	18,21	1,18E-08	H1
Cor	2,748	70,03	3,46E-20	H1	3,9909	248,96	9,71E-24	H1	2,748	49,45	1,17E-16	H1
Turbidez	2,748	60,66	1,09E-18	H1	3,9909	24,22	6,33E-06	H1	2,748	34,80	1,84E-13	H1
Sódio	2,748	9,69	2,32E-05	H1	3,9909	8,07	0,006	H1	2,748	9,79	2,1E-05	H1
Cálcio	2,748	1,49	2,27E-01	Ho	3,9909	235,84	3,85E-23	H1	2,748	4,27	8,23E-03	H1
Potássio	2,748	6,31	8,07E-04	H1	3,9909	23,43	8,52E-06	H1	2,748	3,41	2,26E-02	H1
Fosforo Total	2,748	5,47	2,07E-03	H1	3,9909	9,69	2,77E-03	H1	2,748	5,26	2,63E-03	H1
OD	2,748	1,51	2,20E-01	Ho	3,9909	11,77	1,06E-03	H1	2,748	15,48	1,1E-07	H1
ST	2,748	14,74	2,11E-07	H1	3,9909	4,83	3,16E-02	H1	2,748	15,33	1,27E-07	H1
Alcalinidade	2,748	3,75	1,52E-02	H1	3,9909	2,23	1,40E-01	Ho	2,748	3,01	3,66E-02	H1
Dureza	2,748	5,66	1,67E-03	H1	3,9909	121,25	2,07E-16	H1	2,7482	4,44	6,77E-03	H1
DBO	2,748	5,05	3,32E-03	H1	3,9909	110,38	1,5E-15	H1	2,748	5,53	1,95E-03	H1
Nitrogênio	2,748	10,31	1,3E-05	H1	3,9909	84,28	2,7E-13	H1	2,748	2,88	4,26E-02	H1
Sulfato	2,748	9,41	3,1E-05	H1	3,9909	17,87	7,7E-05	H1	2,748	7,69	1,82E-04	H1

ANEXO 1 – Normas para publicação na Revista Sociedade & Natureza

ISSN 1982-4513

Foco e Escopo

A Revista SOCIEDADE & NATUREZA, sendo veículo de registro e divulgação científica, tem como objetivos: publicar trabalhos inéditos de revisão crítica sobre tema pertinente à Geografia e áreas afins ou resultado de pesquisa de natureza empírica, experimental ou conceitual; fomentar o intercâmbio de experiência em sua especialidade com outras Instituições, nacionais ou estrangeiras, que mantenham publicações congêneres; defender e respeitar os princípios do pluralismo de idéias filosóficas, políticas e científicas

Processo de Avaliação pelos Pares

Para serem publicados na Revista SOCIEDADE E NATUREZA, os trabalhos deverão obter dois pareceres favoráveis e, para tanto, serão submetidos à apreciação de dois pareceristas, escolhidos por especialidade e/ou afinidade em relação ao conteúdo temático dos trabalhos sob apreciação. Caso um parecerista aprove a publicação e outro não, caberá ao Conselho Editorial decidir pela publicação ou não.

A avaliação do trabalho será embasada na originalidade, relevância científica, correção, clareza e qualidade gráfica das ilustrações. Os pareceres poderão ser de aceite para publicação, aceite para publicação com correção ou não aceite para publicação.

Diretrizes para Autores

Normas para apresentação dos originais para publicação

- Serão aceitos para publicação na Revista Sociedade & Natureza artigos inéditos de revisão crítica sobre tema pertinente à Geografia e áreas afins ou resultado de pesquisa de natureza empírica, experimental ou conceitual (com no mínimo 10 e no máximo 15 páginas).
- Serão aceitos artigos em português, inglês, francês e espanhol.

- Os artigos deverão ser editados em MS Office 2000 (Word) ou versões posteriores, em espaço simples, fonte Times New Roman, tamanho 12, sem notas de cabeçalho e rodapé.
- A configuração da página deve ser A4 com margens de 2,5 cm (superior, inferior, direita e esquerda). O texto não deve conter notas de rodapé ou notas finais.
- O título do trabalho (português e em inglês) deve aparecer centralizado com fonte Times New Roman, tamanho 14 e em negrito.
- A seguir deve vir resumo e abstract (ou resumé) (ou resumen), com um máximo de 15 linhas (250 palavras, incluindo um mínimo de três e máximo de cinco palavras-chave descritoras do conteúdo do trabalho apresentadas na língua original e em inglês. Não incluir nome(s) do(s) autor(es) no arquivo de submissão (os mesmos devem informados apenas no formulário eletrônico no momento da submissão). Não usar tradutor automático para os resumos. Recomenda-se passar por revisão de profissional especializado.
- Tabelas e ilustrações devem ser referidas no texto e numeradas de acordo com a seqüência. As tabelas devem ter título/legenda na parte superior e as ilustrações título/legenda na parte inferior.
- As ilustrações (gráficos, mapas e fotos) deverão ser enviadas em formato GIF ou JPG, já inseridas no corpo do texto. As mesmas serão publicadas apenas em preto e branco, na versão impressa do periódico.
- As referências deverão ser organizadas de acordo com a NBR-6023 da ABNT (agosto de 2002).
- As citações diretas e indiretas deverão ser organizadas de acordo com a NBR-10520 da ABNT (agosto de 2002).

O artigo deverá ser submetido através do site da revista <http://www.sociedadnatureza.ig.ufu.br>, onde o Editor encaminhará a dois membros do Conselho Consultivo que farão avaliação do mesmo.

Os trabalhos serão publicados em mídia impressa (papel) e em versão eletrônica (WEB).