

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS – UEA

ESCOLA NORMAL SUPERIOR – ENS

CURSO DE LICENCIATURA EM GEOGRAFIA

**CARACTERIZAÇÃO LIMNOLÓGICA DO RESERVATÓRIO BALBINA
E DOS AFLUENTES DA MARGEM DIREITA**

ROBSON GRAÇAS DOS SANTOS

MANAUS

2016

ROBSON GRAÇAS DOS SANTOS

**CARACTERIZAÇÃO LIMNOLÓGICA DO RESERVATÓRIO BALBINA
E DOS AFLUENTES DA MARGEM DIREITA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade do Estado do Amazonas para a obtenção do
título de Licenciado em Geografia.

Orientador: Flávio Wachholz

MANAUS

2016

ROBSON GRAÇAS DOS SANTOS

**CARACTERIZAÇÃO LIMNOLÓGICA DO RESERVATÓRIO BALBINA
E DOS AFLUENTES DA MARGEM DIREITA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade do Estado do Amazonas para a obtenção do título de licenciado em Geografia.

Banca Examinadora:

Presidente: Prof. Dr. Flávio Wachholz

1º Avaliador: Prof. Msc. Alexandre Donato da Silva

2º Avaliador: Prof. Dr. Valdir Soares de Andrade Filho (UEA)

Manaus, 6 de dezembro de 2016.

Dedico este aos meus familiares, amigos e professores, mas especialmente ao meu pai, José Valdir, meu herói de/para todas as horas.

AGRADECIMENTOS

Agradecer primeiramente a Deus por esta oportunidade, Sem Ele, minha vida não teria sentido, Não viveria os melhores dias diante de Sua presença, assim como salmista fala em Sl. 84.10: *“Pois um dia em teus átrios, vale mais que mil em outro lugar”*.

Final de mais uma etapa, e isso foi só o começo, aprendi muitas coisas nesse âmbito acadêmico (minha segunda casa – UEA), conheci pessoas maravilhosas que juntos, proporcionaram uma vida rica e uma percepção diferente do mundo. Dizem os mais velhos que levamos de berço alguma coisa, mas o que nós não conhecemos vemos com os próprios olhos e caminhando, a paz com que termino esse trabalho não se resume em dizer “até que enfim! ”, mas uma pergunta: - Quando terei uma chance como e melhor que essa? Perguntaram por que escolhi geografia? Me recordo dizendo: - Cai de para quedas, mas o pouso foi bem calculado, cai onde deveria estar e aprendi que na Geografia, é uma ciência das relações, e creio que isso não faltou, mais uma vez quero agradecer as pessoas que tornaram esse sonho real (meus pais, familiares, amigos e professores).

Aproveitando a oportunidade, deixo aqui meus singelos, mas enormes agradecimentos aos meus professores principalmente da Geografia, que nesses anos de graduação mostraram a simplicidade dessa ciência e seus diferenciados “relevos”, claro que sempre um ou mais se destacam na vida de um aluno, e um deles é meu primeiro orientador (a primeira pessoa que apostou em mim), onde para muitos é chamado por professor Flávio, e poucos o consideram como “papai”, disponibilizou as melhores oportunidades (fazendo cinco monitorias, e com isso, adquiro o título de monitor sênior e o primeiro PAIC) e nesse processo de aprendizagem, vi o quão é uma pessoa generosa, responsável, profissional e atencioso no trabalho, tornando meu TCC algo real (obrigado pelas chamadas, paciência, e suas prestações), não sou fácil, e mesmo assim depositou confiança em mim. E uma segunda pessoa genial, professora Ana Paulina Soares, que todas as pessoas tivessem a oportunidade de a ouvir, agradeço e creio que não somente eu, severa e amável quando necessário.

E um reconhecimento a minha família, pois ela é base para a sociedade igualitária, e na formação do caráter, meu pai, José Valdir, homem do qual nunca abriu mão de me mostrar como a vida não é fácil, e vendo ele agir provou que não há nada impossível, minha mãe, Antônia Felinto, guerreira e busca o que realmente é importante para os filhos, as minhas irmãs Beatriz e Vanderléia juntamente com seu esposo Rodrigo, disponibilizando sua moradia

para dormir e fornecer condições pra fazer meu trabalho e a vida ao lado de vocês todos é muito feliz.

Não posso esquecer das amizades ou laços criados, foram 4 anos ao lado de vocês, chegaram outros e a família só cresceu, então, um abraço para Raquel Santana, Juliana Dias, Roberto Lessa, Luam Silva, Diego Azevedo, Ruan Souza e Ítalo Oliveira (fazendo jus a chamada), vocês juntos não só completam meu círculo de amizades, mas tornam tudo fácil, levo vocês por onde for, pois, sempre chega uma (muitas) mensagem no grupo, e rápidos lances em que vejo vocês, vem um sentimento de nostalgia (PGFC, trabalho de campo, cinema, mapas e etc) muito obrigado por existirem.

Um povo que caminha comigo desde a infância, e tenho um imenso afeto por esse grupo que mais tarde nos chamamos de MSD, tem muitos nomes a citar (líderes e pessoas), mas não posso colocar o “print” dos contados, não quero ser injusto com vocês, deixo aqui minha gratidão e a importância de vocês para mim. Surgiu a oportunidade de caminhar com jovens valorosos dedico um salve para minha célula Armageddon (AuAuAu!) e uma turma pequena e espero que cresça ainda mais, compartilhamos do talento e o dom que é a dança (Mover levita), amo todos vocês, pois, Deus não os fez para serem estrados para os pés, e sim Mais que Servos, Discípulos.

Um reconhecimento também para Irmã Adélia e família, pois, fizeram parte dos meus passos iniciais na geografia, agradeço por abrir a morada para pudesse exercer minha personalidade extrovertida.

Também uma passagem de um ano SIPAM, agradeço em especial a Randielly Soares, e em nome dos responsáveis pela direção Carlos Benedito e Solange Costa, abriram essa porta para que me desenvolver-se como profissional e exercer o conhecimento.

E o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPQ, pelo apoio financeiro a pesquisa de campo.

Finalizando meus agradecimentos com algo não muito comum, é agradecer a Deus mais uma vez, pois, compreendi com o tempo que és o princípio e o fim, o Alfa e ômega.

Assim findo meus agradecimentos.

*“O conhecimento do Senhor encherá a terra como as águas cobrem o
mar”
Isaias 11. 9*

RESUMO

Um reservatório é uma construção formada pelo barramento artificial de um vale natural ou pela formação artificial de lagos. Na Amazônia, o principal uso de reservatórios é para fins energéticos. A Usina Hidrelétrica de Balbina foi construída pela Eletronorte. Esse empreendimento localiza-se na bacia do rio Uatumã, município de Presidente Figueiredo. Logo o trabalho buscou avaliar a diferença no comportamento das variáveis limnológicas no reservatório Balbina e afluentes em Presidente Figueiredo/AM, tendo em vista a transformação do ambiente lótico para lântico e para verificar a qualidade hídrica nos afluentes e no lago da represa. A metodologia consistiu na coleta da água e observações no entorno dos afluentes com formulários fechados e abertos para discussões das transformações do espaço. Foram realizados trabalhos de campo para coleta de amostras de água in loco em três datas nos afluentes (julho, outubro e dezembro) e uma data no reservatório (dezembro). A análise das variáveis propostas foi realizada em campo e laboratório. As variáveis de qualidade da água foram relacionadas com as leituras e referências lidas e estudadas durante a pesquisa, assim como foi determinada estatística descritiva para uma melhor análise. As médias nas variáveis temperatura ($34,4 \pm 3,1^\circ\text{C}$), pH ($7,8 \pm 0,3$) e turbidez ($6 \pm 1,9$ cm) apresentaram maiores valores no mês de dezembro, já a condutividade elétrica ($30,9 \pm 40,0$ $\mu\text{S/cm}$) foram maiores no mês de outubro. As menores temperaturas foram registradas em julho e outubro ($25,4$ e $27,4^\circ\text{C}$), quanto pH e condutividade elétrica de outubro são menores ($5,4$ e $5,3 \mu\text{S/cm}$). Os maiores registros nas variáveis de pH e turbidez aconteceu no mês de julho ($8,2$ e $17,4$ NTU), condutividade elétrica em outubro ($125,83 \mu\text{S/cm}$), e temperatura no mês de dezembro ($36,6^\circ\text{C}$). No lago da represa verificou-se a média na variável temperatura na água ($32,4 \pm 0,3^\circ\text{C}$), o que também constitui a média da região amazônica que fica entre 30 a 33°C , o pH ($8,4 \pm 0,48$) apresentou acima do padrão para as águas negras (4 a 6), a condutividade elétrica ($7,3 \pm 1,13$ $\mu\text{S/cm}$), a turbidez ($1,5 \pm 0,32$ NTU), a transparência apresentou a média $2,9\text{m} \pm 0,29\text{m}$, mas maior valor registrado foi de $3,3\text{m}$. Assim, os dados limnológicos obtidos nos afluentes e reservatórios, destaca-se que a turbidez foi menor na represa pela decantação do material suspenso, a temperatura maior devido o ambiente ser lântico, de pouca movimentação, e por receber maior radiação solar. Nos afluentes a condutividade elétrica é maior principalmente pela ação humana (pastagens, balneários, moradias) e o pH ácido, ligado a isso, o processo de decomposição de matéria orgânica advinda das coberturas vegetais.

Palavras Chaves: Qualidade da água. Igarapé. Balbina. Rio Uatumã.

ABSTRACT

A reservoir is a construction formed by the artificial bus of a natural valley or the artificial formation of lakes. In the Amazon, the main use of reservoirs is for energy purposes. The Balbina Hydroelectric Power Plant was built by Eletronorte. This project is located in the Uatumã river basin, in the municipality of Presidente Figueiredo. This work aimed to evaluate the difference in the behavior of the limnological variables in the Balbina reservoir and tributaries in Presidente Figueiredo / AM, in order to transform the lotic to the lentic environment and to verify the water quality in the tributaries and the dam lake. The methodology consisted in the collection of water and observations in the surroundings of the tributaries with closed and open forms for discussions of the transformations of the space. Fieldwork was carried out to collect water samples in loco on three dates in the tributaries (July, October and December) and a date in the reservoir (December). The analysis of the proposed variables was performed in the field and laboratory. The water quality variables were related to the readings and references read and studied during the research, as well as descriptive statistics were determined for a better analysis. The mean values for temperature (34.4 ± 3.1 ° C), pH (7.8 ± 0.3) and turbidity (6 ± 1.9 cm) presented higher values in the month of December, since the electrical conductivity (30.9 ± 40.0 $\mu\text{S} / \text{cm}$) were higher in the month of October. The lowest temperatures were recorded in July and October (25.4 and 27.4 ° C), while the pH and electrical conductivity of October were lower (5.4 and 5.3 $\mu\text{S} / \text{cm}$). The highest values for pH and turbidity were observed in July (8.2 and 17.4 NTU), electrical conductivity in October (125.83 $\mu\text{S} / \text{cm}$), and temperature in December (36.6 °C) . The water temperature (32.4 ± 0.3 ° C) was the mean temperature in the dam of the dam, which is also the average of the Amazon region between 30 and 33 ° C, pH (8.4 ± 0.48) presented the highest black water (4 to 6), electrical conductivity (7.3 ± 1.13 $\mu\text{S} / \text{cm}$), turbidity (1.5 ± 0.32 NTU), transparency Presented an average of $2.9\text{m} \pm 0.29\text{m}$, but the highest recorded value was 3.3m . Thus, the limnological data obtained in the tributaries and reservoirs, it is highlighted that the turbidity was lower in the dam by the decantation of the suspended material, the higher temperature because the environment is lentic, with little movement, and because it receives greater solar radiation. In the affluents the electrical conductivity is higher mainly by human action (pastures, resorts, housing) and acid pH, linked to this, the process of organic matter decomposition coming from the vegetation cover.

Keywords: Water quality. Igarapé. Balbina. Uatumã River.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Compartimentação horizontal de reservatórios e suas características	20
Figura 2 - Usina Hidrelétrica de Balbina, na Bacia do Rio Uatumã	28
Figura 3 - Cacaias ou paliteiras do reservatório da UHE Balbina.....	29
Figura 4 - Mapa da área de estudo.....	34
Figura 5 – Etapas da pesquisa	35
Figura 6 - Carta-imagem dos pontos de coletas amostrais (afluentes e lago)	37
Figura 7 - Mosaico de fotos dos respectivos afluentes.....	40
Figura 8 - Turbidez da água nos pontos amostrais nos afluentes	42
Figura 9 - Temperatura da água nos pontos amostrais nos afluentes	43
Figura 10 - Valores de condutividade elétrica nos pontos amostrais nos afluentes	44
Figura 11 - Valores de pH nos pontos amostrais nos afluentes.....	45
Figura 12 - Transparência da água nos pontos amostrais no lago Balbina	46
Figura 13 - Turbidez da água nos pontos no lago Balbina.....	47
Figura 14 - Temperatura da água nos pontos amostrais no lago Balbina.....	48
Figura 15 - Valores de pH nos pontos amostrais no lago Balbina	49
Figura 16 - Valores de condutividade elétrica nos pontos amostrais no lago Balbina.....	50
Figura 17 - Afluente na época da seca (ponto 4).....	52
Figura 18 - UHE Balbina (Vertedouro).....	53
Figura 19 - Paliteiros dentro do reservatório	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela das coletas de campo	36
Tabela 2 - Características das diferentes zonas	50

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Possíveis impactos da implantação de um reservatório	22
Quadro 2 - Construção de represas: efeitos negativos e positivos	23

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
2.1 Reservatórios	17
2.1.1 Classificação dos reservatórios	18
2.2 Zonas longitudinais da represa	19
2.3 Reservatórios e o meio ambiente (impactos ambientais e sociais)	20
2.4 Qualidade da água.....	24
2.5 A construção do reservatório Balbina e as consequências ambientais	27
3. METODOLOGIA.....	31
3.1 Característica do reservatório Balbina	32
3.1.1 Características da bacia do Uatumã	32
3.2 Procedimentos metodológicos	35
3.3 Trabalho de campo.....	36
3.4 Coleta de dados limnológicos	38
3.5 Tabulação e análise dos dados	38
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
4.1 Características dos afluentes	39
4.1.1 Variável turbidez	41
4.1.2 Variável temperatura da água.....	42
4.1.3 Variável condutividade elétrica.....	43
4.1.4 Variável pH	44
4.2 Características limnológicas da represa	45
4.2.1 Variável de transparência	46
4.2.2 Variável turbidez	46
4.2.3 Variável temperatura	47
4.2.4 Variável pH	48
4.2.5 Variável condutividade elétrica e TDS	49
4.3 Comparação dos dados das variáveis limnológicas nos afluentes e represas	50

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	54
REFERÊNCIAS	56
APÊNDICES	60

1. INTRODUÇÃO

A água é parte integrante do planeta Terra. É componente fundamental de dinâmica da natureza, impulsiona todos os ciclos, sustenta a vida e é o solvente universal. Sem água, a vida na Terra seria impossível. A água é o recurso natural mais importante e participa dinamizando todos os ciclos ecológicos; os sistemas aquáticos têm uma grande diversidade de espécies úteis ao homem e que são também parte ativa e relevante dos ciclos biogeoquímicos e da diversidade biológica do planeta Terra (TUNDISI, 1999).

A construção de barragens – imposição antrópica – em rios proporciona alterações espaço-temporais como o aumento da taxa de sedimentação, a inundação de áreas florestais e agrícolas, alterações físicas e químicas no meio aquático e modificações substanciais na fauna e na flora silvestre (ESTEVES, 1998). Essas condições podem estar relacionadas a uma maior disponibilidade de nutrientes, a proliferação de algas e o aparecimento de macrófitas aquáticas. Algumas das variáveis limnológicas que descrevem a situação ambiental de um reservatório são: a temperatura, sólidos em suspensão, clorofila, transparência, carbono orgânico dissolvido (WACHHOLZ, 2007).

A distribuição de água no Brasil não é uniforme, existem regiões que possuem excedente hídrico de águas superficiais e subterrâneas e outras que possuem precariedade. A região Amazônica é um incomparável repositório de águas doces situados na faixa equatorial. Nessa bacia majestosa estão dispostos lagos de várzea, os furos, os paranás e os igapós, quadro hidrográfico fantástico que possui um regime hidrológico que altera o volume de suas águas a cada seis meses, promovendo uma grande diversidade climatológica da região (MORAES, 1960).

Deste modo, a presente pesquisa teve por objetivo geral analisar a qualidade dos recursos hídricos disponíveis nos afluentes e no reservatório Balbina. Para atingir o objetivo geral proposto, foram definidos os seguintes objetivos específicos: Caracterizar limnologicamente o reservatório Balbina e seus afluentes da margem direita, quantos as variáveis temperatura, transparência, pH, turbidez e condutividade elétrica; comparar as variáveis limnológicas do reservatório Balbina com seus afluentes da margem direita.

Com esse estudo, pretende-se alcançar os impactos ambientais causados pela construção e represamento das águas pela represa Balbina e sua modificação qualidade da água na margem direita.

A estrutura do Trabalho de Conclusão do Curso (TCC) compreendeu quatro capítulos:

1. Introdução: Apresenta uma previa sobre a importância da água e barragens e a exposição dos objetivos da pesquisa.

2. Fundamentação teórica: possui os autores e as pesquisas (artigos, periódicos, livros) que discorrem sobre a temática proposta. Nesse sentido foi abordado sobre a importância das águas superficiais, reservatórios e seus impactos ambientais, características físicas, químicas utilizadas para análise, construção do reservatório Balbina e a nova configuração do espaço.

3. Metodologia: capítulo que descreve os métodos e técnicas utilizadas na coleta de água para as análises limnológicas e observações, que buscaram obter informações sobre a relação da água encontrada nos reservatórios e represa

4. Resultados: referente aos resultados da análise das variáveis encontradas dos recursos hídricos, para verificar a qualidade.

5. Considerações finais: discorre sobre os resultados encontrados nas análises limnológicas.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Reservatórios

Um reservatório é uma construção formada pelo barramento artificial de um vale natural ou pela formação artificial de lagos, não associados a uma bacia de drenagem natural e com vazões efluentes sujeitas a controle (CRUZ; FABRIZY, 1995). Os reservatórios são sistemas aquáticos modificados, extremamente complexos e dinâmicos, que apresentam as funções principais de manutenção da vazão dos cursos de água e atendimento às variações da demanda dos usuários (PRADO, 2002).

A construção de represas para diversos fins é uma das mais antigas e importantes intervenções humanas nos sistemas naturais. Reservatórios interferem como os rios modificando seu fluxo e os sistemas terrestre e aquático. Proporciona também inúmeros benefícios, tais como as reservas de água para hidroelétrica, irrigação, navegação e águas para abastecimento público. A construção de reservatórios para diversos fins, apresenta inúmeras necessidades de inovação em metodologia e abordagem científica e de engenharia (TUNDISI, 1999).

No Brasil, a construção de grandes reservatórios de água, principalmente para fins de hidroeletricidade e abastecimento público, atingiu seu máximo desenvolvimento nas décadas de 1960 e 1970. Muitos destes ecossistemas artificiais estão em pleno funcionamento, produzindo inúmeros benefícios locais e regionais. Vários grandes rios do território brasileiro foram completamente aproveitados para a construção de barragens em cascata, o que é uma característica de países com grandes dimensões territoriais e rios externos (TUNDISI, 1999).

Atualmente no Brasil conta com cerca de 420 reservatórios em operação dos quais 155 possuem potência instalada superior a 30 MW. Esses reservatórios acumulam impactos a menos de 30 anos, e alguns datam da década de 1960, e outros são ainda mais antigos (JUNK; MELLO, 1990).

Na Amazônia assim como no Brasil, o principal uso de reservatórios é para fins energéticos, e através disso surgem consequências como: translocação da população, retirada do solo, redução de espécies de plantas e animais, desaparecimento de monumentos naturais e históricos, perda de recursos madeireiros, modificações de geometria hidráulica do rio, modificações na hidrologia, modificações na carga sedimentar, mudanças florísticas a

faunísticas, impactos para a pesca e aquicultura, crescimento maciço de macrófitas aquáticas, deterioração da qualidade da água problema sanitário (JUNK; MELLO, 1990).

Qualquer que seja o tamanho do reservatório ou a finalidade da água acumulada, sua principal função é a de regulador, objetivando a manutenção da vazão dos cursos de água ou atendendo às variações da demanda dos usuários.

As principais características físicas dos reservatórios são: Capacidade de armazenamento, calculada a partir de levantamentos topográficos; Sobre armazenamento, armazenamento da água pelo solo da margem devido a sua permeabilidade; Caudabilidade (quantidade de água que pode ser fornecida, pelo reservatório num determinado período de tempo.), quantidade de água que pode ser fornecida pelo reservatório um determinado período de tempo; Transporte de material sólido, por suspensão e arrastamentos; Perdas d'água, devidas principalmente a infiltração e a evaporação (CRUZ; FABRIZY, 1995, p. 1).

2.1.1 Classificação dos reservatórios

Existem dois tipos de reservatórios: acumulação e fio d'água. Os primeiros, geralmente localizados na cabeceira dos rios, em locais de altas quedas d'água, dado o seu grande porte permitem o acúmulo de grande quantidade de água e funcionam como estoques a serem utilizados em períodos de estiagem. Além disso, como estão localizados a montante das demais hidrelétricas, regulam a vazão da água que irá fluir para elas, de forma a permitir a operação integrada do conjunto de usinas. As unidades a fio d'água geram energia com o fluxo de água do rio, ou seja, pela vazão com mínimo ou nenhum acúmulo do recurso hídrico (ANEEL, 2008).

2.1.1.1 Reservatório de Acumulação

São construídos em um curso de água, (seja ele um rio, um riacho, um córrego, etc) quando se deseja aproveitá-lo como fonte de abastecimento de água. Isto só ocorre quando a vazão média desse curso de água é superior à vazão média do consumo que se deseja para uma comunidade. Mas se este curso de água, apresentar vazões mínimas, diárias ou mensais, insuficientes para atender as necessidades de consumo, nestes dias ou meses, nestas condições, o excesso de água descarregado pelo curso de água, nos tempos de vazões máximas são acumuladas em reservatórios, denominados reservatório de acumulação, a fim de atender as deficiências, em épocas durante as quais a vazão do curso de água não é suficiente para atender as necessidades de consumo (MEDEIRO FILHO , 2016)

No entanto, a vazão mínima do curso de água for maior que a vazão máxima de consumo que a comunidade utiliza, não será necessário a construção do reservatório de acumulação (barragem, açudes, etc) sobre o curso de água. Para que haja uma retirada relativamente uniforme de água dos reservatórios de acumulação, apesar das necessidades de consumo serem variáveis, é que se faz necessário a construção dos reservatórios de distribuição (MEDEIRO FILHO, 2016).

2.1.1.2 Reservatórios (unidades) a fio d'água

Usinas hidrelétricas “a fio d'água” são aquelas que não dispõem de reservatório de água, ou o têm em dimensões menores do que poderiam ter. Optar pela construção de uma usina “a fio d'água” significa optar por não manter um estoque de água que poderia ser acumulado em uma barragem. Esta foi uma opção adotada para a construção da Usina de Belo Monte e parece ser uma tendência a ser adotada em projetos futuros, em especial aqueles localizados na Amazônia, onde se concentra grande potencial hidrelétrico nacional (FARIA, 2012).

2.2 Zonas longitudinais da represa

As variações espaciais nos reservatórios com a subdivisão em três zonas: zona de influência dos rios, zona de transição e zona lacustre (TUNDISI, 1985).

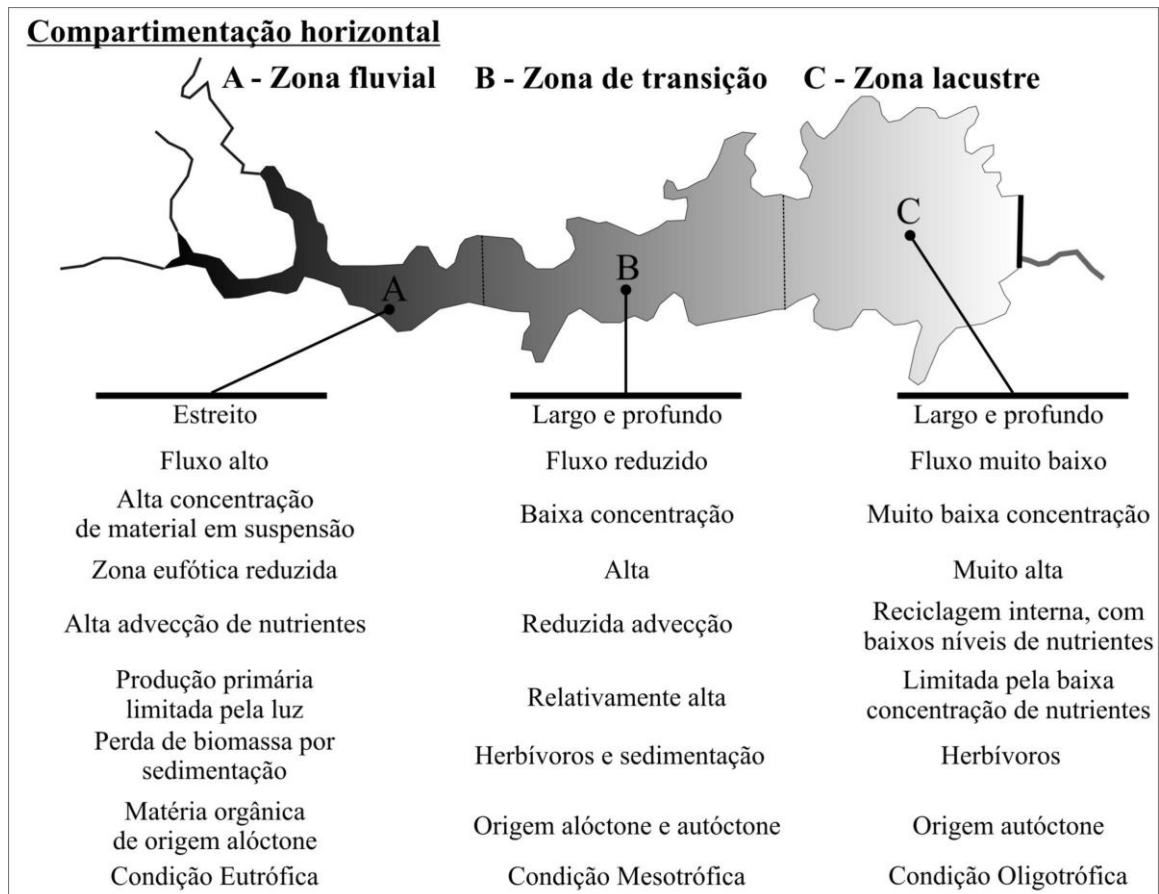
A zona de influência dos rios do reservatório assemelha-se a ambientes lóticos, sendo que as suas principais características são: bacia estreita e em forma de canal; altos valores de turbidez e zona eufótica com espessura menor que a zona de mistura; velocidade e renovação de água relativamente elevadas; concentrações de nutrientes mais elevadas; alta taxa de sedimentação; *input* alóctone de matéria orgânica proveniente da bacia de drenagem e *status* trófico de natureza eutrófica (TUNDISI, 1985; HENRY, 1999).

A zona de transição apresenta bacia mais larga e profunda; velocidade e renovação de água mais baixas; menores valores de turbidez e, conseqüentemente, uma ampliação da zona eufótica; produção de matéria orgânica autóctone; sedimentação de material em menor proporção; *status* trófico de natureza mesotrófica (TUNDISI, 1985; HENRY, 1999).

A zona lacustre ou de lago (próxima a barragem) é mais ampla, profunda e tem uma bacia que se assemelha a um ambiente lótico, onde a velocidade e a renovação da água são

muito baixas; a turbidez é reduzida, sendo que a camada eufótica pode ter uma extensão que ultrapassa a zona de mistura; os teores de nutrientes são muito baixos, sendo que estes, especialmente nitrogênio e fósforo, são muitas vezes fatores limitantes para a produção de matéria orgânica (figura 1). Desta forma, a zona lacustre é muitas vezes identificada como um compartimento oligotrófico (TUNDISI, 1985; HENRY, 1999).

Figura 1 - Compartimentação horizontal de reservatórios e suas características



Fonte - Kimmel et al., (1990) apud Wachholz (2011)

2.3 Reservatórios e o meio ambiente (impactos ambientais e sociais)

Os reservatórios são implantados, geralmente, visando ao aproveitamento em diversos usos, inclusive o abastecimento humano, o que contribui, sem dúvida, para o desenvolvimento de sua área de influência, garantindo, inclusive, a fixação do homem no interior (CETESB, 2015).

No entanto, a construção e a operação de um reservatório de usos múltiplos, envolve, quase sempre, uma série de potenciais impactos negativos sobre o ambiente e as comunidades

situadas nas áreas próximas. Esses impactos e sua magnitude estão diretamente ligados a dois fatores: o porte do empreendimento e sua localização (CETESB, 2015).

A construção de reservatórios para diversos fins, entretanto, provoca a modificação dos ecossistemas naturais. Devido à grande dimensão dessas obras e à mudança do uso do solo em seu entorno, ocorrem impactos ambientais tanto durante a construção quanto após o início da operação, produzindo alterações hidrológicas, atmosféricas, biológicas e sociais, na região de construção e na área atingida pelo lago artificial (TUNDISI, 1985).

Segundo o Artigo 1º da Resolução n.º 001/86 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

Impacto Ambiental é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas, biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que afetem diretamente ou indiretamente: A saúde, a segurança, e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; A biota; as condições estéticas e sanitárias ambientais; A qualidade dos recursos ambientais (CONAMA, 1986).

Portanto, a definição de Impacto Ambiental está associada à alteração ou efeito ambiental considerado significativo por meio da avaliação do projeto de um determinado empreendimento, podendo ser negativo ou positivo (BITAR e BRAGA, 1995). Os impactos negativos podem ocorrer nos meios físico, biótico e antrópico, devendo ser identificados e avaliados, para que sejam adotadas medidas mitigadoras visando minimizá-los ou evitá-los. No quadro 1 estão relacionados os principais impactos negativos que poderão resultar da implantação de uma barragem e a consequente formação do reservatório.

As experiências humanas na construção de reservatórios são inúmeras e datam e milhares de anos. Inicialmente construídos para reservar alguns metros cúbicos de água para abastecimento ou irrigação, esses ecossistemas aquáticos, com a introdução da terminologia da construção, tornaram-se grandes empreendimentos de alta tecnologia e alto custo, sendo utilizados simultaneamente para inúmeros e múltiplos fins, causando diversos impactos negativos, mas proporcionando inúmeras oportunidades e trabalho, geração de energia e novos desenvolvimentos sócias e econômicos a partir de sua construção. O quadro 2 descreve os principais aspectos positivos e negativos da construção de represas.

Quadro 1 - Possíveis impactos da implantação de um reservatório

Ações	Impactos Ambientais Negativos
Desapropriação e remoção da população	Deslocamentos das pessoas; desagregação familiar; mudanças de atividades; impactos culturais.
Instalação de canteiros de obras alojamentos	Impactos culturais; disseminação de doenças; destinação dos dejetos; destinação do lixo.
Desmatamento	Desaparecimento da vegetação terrestre inclusive da mata ciliar; danos a fauna; aumento da erosão do solo, assoreamento dos recursos hídricos; alteração no escoamento da água.
Exploração das áreas em áreas de empréstimos e jazidas	Retirada da vegetação; danos à fauna; alterações na topografia, mudanças no escoamento das águas, incremento da erosão, emissão de poeiras e ruídos.
Uso do solo marginal ao reservatório e da água	Alteração no regime hidrológico; inundação de extensas áreas afogamento de vegetação; alterações na qualidade da água; salinização da água; devido à evaporação; prefixos à fauna, inundação de benfeitorias e infraestrutura.
Barramento e acumulação de água	Movimentos da terra; erosão do solo; assoreamento compactação do solo; mudanças no escoamento da água; circulação de veículos e máquinas pesadas; emissão de ruídos e poeiras; afugentamento de animais.
Obras civis	Desaparecimento de vegetação terrestre, inclusive da mata ciliar; danos á fauna; aumento da erosão do solo, assoreamento dos recursos hídricos; alteração no escoamento da água
Barramento e acumulações da água	Alterações no regime hidrológico; inundação de extensas áreas afogamento da vegetação; alterações na qualidade da água; salinização da água, devido a evaporação; prejuízos a fauna; inundação de benfeitorias e infraestrutura.
Uso do solo marginal ao reservatório e da água	Desmatamento; erosão do solo assoreamento; caça e pesca predatórias; geração de resíduos sólidos e líquidos; empobrecimento do solo; salinização; usos múltiplos conflitantes; lançamentos de resíduos de embarcações.

Fonte: TUNDISI, 1999 (p. 26)

Quadro 2 - Construção de represas: efeitos negativos e positivos

Efeitos Positivos	Efeitos Negativos
Produção de energia – hidroeletricidade	Deslocamento da população
Criação de purificadores de água com baixa energia	Emigração humana excessiva
Retenção de água no local	Deterioração das condições da população original
Fonte de energia potável e para sistemas de abastecimento	Problemas com saúde pela propagação de doenças hidricamente transmissíveis
Representativa diversidade biológica	Perda de espécies nativas de rios
Maior prosperidade ara setores das populações locais	Perda de terras férteis e de madeira
Criação de oportunidades de recreação e turismo	Perda de várzeas e ecótonos terra/água – estruturas naturais uteis
Proteção contra cheias das áreas a jusante	Perda de terrenos alagáveis e alterações em habitats animais
Aumento das possibilidades de pesca	Perda de biodiversidade (espécies únicas); deslocamento de animais selvagens
Armazenamento de águas para períodos de seca	Perda de terras agrícolas cultivadas por gerações, como arrozais
Navegação	Excessiva imigração humana para a região do reservatório, com os conseqüentemente problemas sociais, econômicos e de saúde
Aumento do potencial para irrigação	Necessidade de compreensão pela perda de terras agrícolas, locais de pescas e habitações, bem como de peixes, atividades de lazer e de subsistência
Geração de empregos	Degradação da qualidade hídrica local
Promoção de novas alternativas econômicas regionais	Redução das vazões a jusante do reservatório e aumento em suas variações
Controle de enchentes	Redução da temperatura e do material em suspensão nas vazões liberadas pela jusante
Aumento da produção de peixes por aquicultura	Redução do oxigênio no fundo e nas vazões liberadas (zero, em alguns casos)
	Aumento do H ₂ S e do CO ₂ no fundo e nas vazões liberadas
	Barreira a migração de peixes
	Perda dos valiosos recursos hídricos e culturais. Por exemplo, a perda no Estado de Oregon (EUA, de inúmeros cemitérios indígenas e outros locais sarados comprometendo a identidade cultural de algumas tribos
	Perda de valores estéticos

Quadro 3 - (Continuação)

Efeitos Positivos	Efeitos Negativos
	Perda da biodiversidade terrestre, especialmente em represas da Amazônia
	Aumento da emissão de gases de efeito estufa, principalmente em represas onde floresta nativa não foi desmatada
	Introdução de espécies exóticas nos ecossistemas aquáticos
	Impactos sobre a biodiversidade aquática
	Retirada excessiva de água.

Fonte: TUNDISI, 1999 (p. 27)

2.4 Qualidade da água

O conceito de qualidade da água sempre tem relação com o uso que se faz dessa água. Existe uma grande variedade de indicadores que expressam aspectos parciais da qualidade das águas. No entanto, não existe um indicador único que sintetize todas as variáveis de qualidade da água.

Para caracterizar uma água são determinados diversos parâmetros, que são indicadores da qualidade da água e se constituem não conformes quando alcançam valores superiores aos estabelecidos para determinado uso. As características físicas, químicas e biológicas da água estão associadas a uma série de processos que ocorrem no corpo hídrico e em sua bacia de drenagem. Ao se abordar a questão da qualidade da água, é fundamental ter em mente que o meio líquido apresenta duas características marcantes, que condicionam, de maneira absoluta, a conformação desta qualidade: capacidade de dissolução e capacidade de transporte (FUNASA, 2014)

A temperatura expressa a energia cinética das moléculas de um corpo, sendo seu gradiente o fenômeno responsável pela transferência de calor em um meio. A temperatura desempenha um papel crucial no meio aquático, condicionando as influências de uma série de variáveis físico-químicas. Em geral, à medida que a temperatura aumenta, de 0 a 30°C, viscosidade, tensão superficial, compressibilidade, calor específico, constante de ionização e calor latente de vaporização diminuem, enquanto a condutividade térmica e a pressão de vapor aumentam (CETESB, 2009). A temperatura exerce influência marcante na velocidade das reações químicas, nas atividades metabólicas dos organismos e na solubilidade de substâncias (FUNASA, 2014).

A cor da água é produzida pela reflexão da luz em partículas minúsculas de dimensões inferior a 1 µm – denominadas coloides – finamente dispersas, de origem orgânica (ácidos

húmicos e fúlvicos) ou mineral (resíduos industriais, compostos de ferro e manganês). Corpos d'água de cores naturalmente escuras são encontrados em regiões ricas em vegetação, em decorrência da maior produção de ácidos húmicos. Um exemplo internacionalmente conhecido é o do Rio Negro, afluente do Rio Amazonas, cujo nome faz referência à sua cor escura, causada pela presença de produtos de decomposição da vegetação e pigmentos de origem bacteriana (*Chromobacterium violaceum*) (ANA, 2005).

Os rios de águas pretas apresentam uma coloração escura devido à presença de substâncias orgânicas dissolvidas, possuem pH ácido, baixa carga de sedimentos e baixa concentração de cálcio e magnésio. As propriedades químicas dessas águas são determinadas pelos solos arenosos e pela Campinarana – vegetação característica que ocorre nas nascentes dos rios (FUNASA, 2014).

A turbidez indica o grau de atenuação que um feixe de luz sofre ao atravessar a água. Esta atenuação ocorre pela absorção e espalhamento da luz causada pelos sólidos em suspensão (silte, areia, argila, algas, detritos, etc.). A principal fonte de turbidez é a erosão dos solos, quando na época das chuvas as águas pluviais trazem uma quantidade significativa de material sólido para os corpos d'água. 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 uso de práticas agrícolas, muitas vezes inadequadas. Ao contrário da cor, que é causada por substâncias dissolvidas, a turbidez é provocada por partículas em suspensão, sendo, portanto, reduzida por sedimentação. Em lagos e represas, onde a velocidade de escoamento da água é menor, a turbidez pode ser bastante baixa (FUNASA, 2014).

A transparência pode ser medida facilmente no campo utilizando-se o disco de Secchi, um disco circular branco ou com setores branco e preto e um cabo graduado, que é mergulhado na água até a profundidade em que não seja mais possível visualizar o disco. Essa profundidade, a qual o disco desaparece e logo reaparece, é a profundidade de transparência. A partir da medida do disco de Secchi, é possível estimar a profundidade da zona fótica, ou seja, a profundidade de penetração vertical da luz solar na coluna d'água, que indica o nível da atividade fotossintética de lagos ou reservatórios (CETESB, 2009).

A condutividade elétrica mede a capacidade que a água tem de transmitir corrente elétrica e está diretamente relacionada à concentração de espécies iônicas dissolvidas,

principalmente inorgânicas. Geralmente a condutividade é expressa em $\mu\text{S}/\text{cm}$ ou mS/cm . A medida da condutividade elétrica pode ser relacionada com a concentração de Sólidos Dissolvidos Totais, em mg/L , o que facilita avaliar a qualidade do corpo hídrico, pois é uma medida direta. Normalmente, a condutividade elétrica de águas doces naturais é inferior a $500 \mu\text{S}/\text{cm}$, sendo que valores superiores a estes podem indicar problemas de poluição. A utilização da variável condutividade elétrica em um programa de monitoramento é bastante recomendada, pois é uma medida muito simples e traz informações relevantes sobre a qualidade da água.

O potencial hidrogênio (pH) representa a intensidade das condições ácidas ou alcalinas do meio líquido, por meio da medição da presença de íons hidrogênio (H^+). É calculado em escala antilogarítmica, abrangendo a faixa de 0 a 14 (inferior a 7: condições ácidas; superior a 7: condições alcalinas). O valor do pH influi na distribuição das formas livre e ionizada de diversos compostos químicos, além de contribuir para um maior ou menor grau de solubilidade das substâncias e de definir o potencial de toxicidade de vários elementos. As alterações de pH podem ter origem natural (dissolução de rochas, fotossíntese) ou antropogênica (despejos domésticos e industriais). Para a adequada manutenção da vida aquática, o pH deve situar-se, geralmente, na faixa de 6 a 9. Existem, no entanto, várias exceções a esta recomendação, provocadas por influências naturais, como é o caso de rios de cores intensas, em decorrência da presença de ácido húmicos provenientes da decomposição de vegetação. Nesta situação, o pH das águas é sempre ácido (valores de 4 a 6), como pode ser observado em alguns cursos d'água na planície amazônica. (FUNASA, 2014)

Oxigênio dissolvido trata-se de um dos parâmetros mais significativos para expressar a qualidade de um ambiente aquático. É sabido que a dissolução de gases na água sofre a influência de distintos fatores ambientais (temperatura, pressão, salinidade). As variações nos teores de oxigênio dissolvido estão associadas aos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem nos corpos d'água. Para a manutenção da vida aquática aeróbica são necessários teores mínimos de oxigênio dissolvido de $2 \text{mg}/\text{L}$ a $5 \text{mg}/\text{L}$, exigência de cada organismo (BRASIL, 2014). As águas eutrofizadas (ricas em nutrientes) podem apresentar concentrações de oxigênio superiores a $10 \text{mg}/\text{L}$, situação conhecida como supersaturação. Isto ocorre principalmente em lagos e represas em que o excessivo crescimento das algas faz com que durante o dia, devido a fotossíntese, os valores de oxigênio fiquem mais elevados.

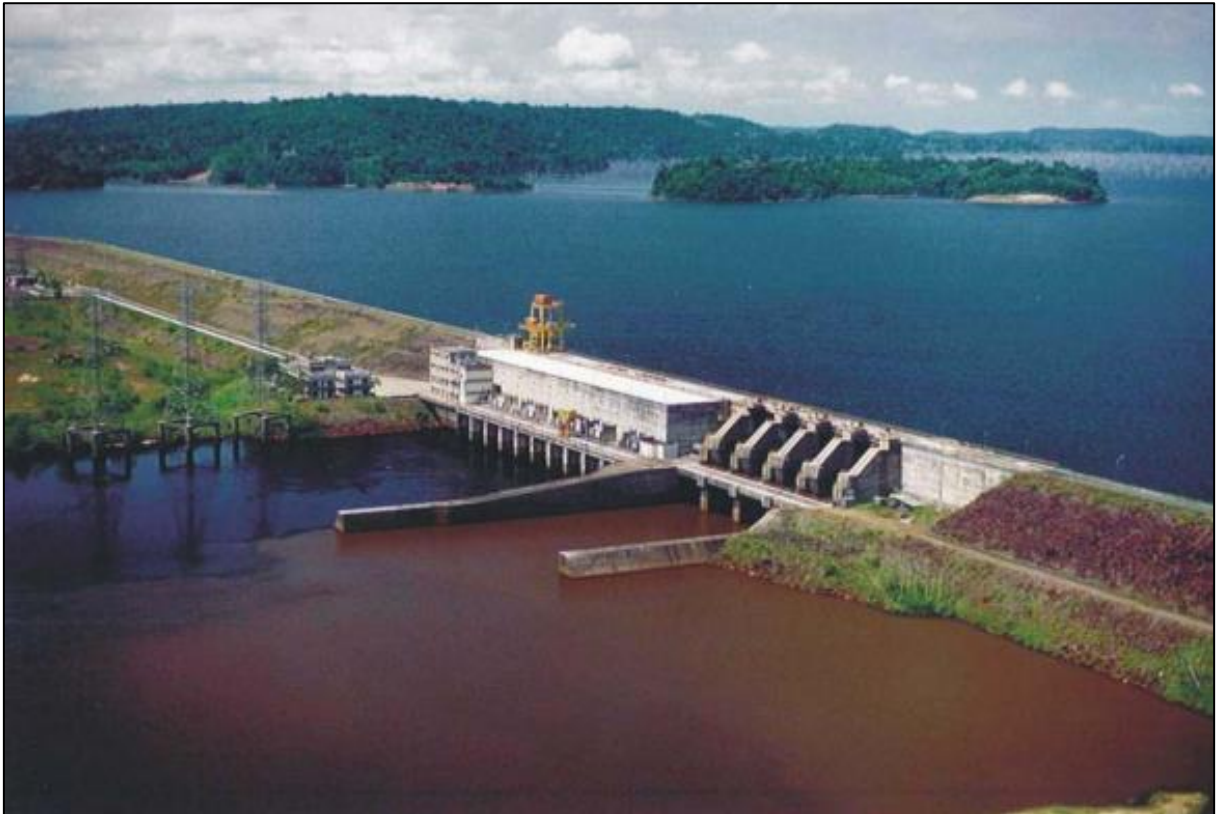
2.5 A construção do reservatório Balbina e as consequências ambientais

A Usina Hidrelétrica de Balbina foi construída na década de 80 pela Eletronorte, o início de sua construção data de 1979 e a geração da primeira unidade ocorreu em 1982. Esse empreendimento localiza-se na bacia do rio Uatumã, município de Presidente Figueiredo, distante de Manaus cerca de 140 Km em linha reta e 176 Km por rodovia. O acesso é feito pela Rodovia BR 174, até o Km 102, sendo o restante do trecho em rodovia estadual que dá acesso à hidrelétrica (Estrada de Balbina). Sua capacidade para geração de energia é de 250 MW, nele há 5 turbinas que geram esse total, mas produz apenas 80% da energia real gerada.

Devido ao relevo extremamente plano, com entalhamentos pouco pronunciados, o barramento do rio Uatumã provocou a inundação de extensa área (aproximadamente 2.360 km²), a formação de um lago com margens dendríticas (4.582 km) e o surgimento de 3.300 ilhas (BRASILIA, 1997).

O reservatório da UHE Balbina pode ser comparado, em tamanho, ao de Tucuruí, cuja capacidade nominal é de 8 mil MW, o que significa que Balbina sacrificou 31 vezes mais floresta por MW de capacidade de geração instalada quando comparada àquele (FEARNSIDE, 1990). Além disso, o reservatório de Balbina alagou cerca de 240 mil ha de floresta tropical, contendo sítios arqueológicos e parte da reserva indígena dos Waimiri-Atroari (BALDISSERI, 2005) (Figura 2).

Figura 2 - Usina Hidrelétrica de Balbina, na Bacia do Rio Uatumã



Fonte: BALDISSERI, 2005 (p. 1435)

Devido a declividade suave da região, o lago (2.360 Km²), apresenta uma profundidade média de 7 m, chegando a menos de 4 m em cerca de 33% de sua área total. Segundo Baldisseri (2005), nesta extensa área de águas rasas, há a sustentação de vegetação aquática enraizada no fundo que, adicionada ao problema de macrófitas flutuantes, afeta toda a represa, aumentando os índices de perda de água por evapotranspiração.

A represa de Balbina é um labirinto de canais entre 60 igarapés afluentes e cerca de 3 mil ilhas (formadas após o represamento das águas), o que gera um tempo de residência da ordem de 14 meses (mensurados na vazão), o que significa que a renovação de água, em determinados pontos do reservatório, ocorrerá uma vez por ano; somando-se a isto, ocorre a estratificação térmica no fundo do reservatório, onde a decomposição da vegetação produz ácidos que corroem as turbinas, aumentando os custos de manutenção da usina (BALDISSERI, 2005).

Segundo a lei nº 3.824 de 23/11/1960, Art 1º

É obrigatória a destoca e consequente a limpeza das bacias hidráulicas, dos açudes, represas ou lagos artificiais, construídos pela União pelos Estados, pelos municípios ou por empresas particulares que gozem de concessões ou de quaisquer favores concedidos pelos favores públicos (BRASIL, 1960).

Isto não ocorreu na área onde se situa o lago, como consequência, a vegetação entrou em fase de decomposição gerando gases tóxicos, como o ácido sulfídrico (chuva ácida), o gás metano (efeito estufa), tornando a água ácida e anóxica (ausência de oxigênio) e causando a mortandade dos seres bióticos aquáticos.

Devido ao não desmatamento, o lago configurou-se como uma enorme área de árvores secas e mortas, chamadas de cacaia ou paliteiras, paisagem típica decorrente de desequilíbrios ambientais (BALDISSERI, 2005) (Figura 3).

Figura 3 - Cacaia ou paliteiras do reservatório da UHE Balbina.



Fonte: WACHHOLZ, 2015.

Com o fechamento da barragem (31/10/1987), houve mortandade de peixes a jusante da mesma, principalmente pela água anóxica oriunda das turbinas. A entrada em funcionamento da segunda turbina (março de 1989), provocou a morte de peixes até abaixo da foz do rio Jatapú (a distância entre a represa à foz do Jatapu é de 397 km) (FEARNSIDE, 1990).

A respeito dos impactos sociais, Bermann (2001) aponta que, com frequência, a construção de uma usina hidrelétrica representou para estas populações a destruição de seus projetos de vida, impondo sua expulsão da terra sem apresentar compensações que pudessem, ao menos, assegurar a manutenção de suas condições de reprodução num mesmo nível daquele que se verificava antes da implantação do empreendimento. Na área das barragens ocorreram diversos problemas de saúde pública, como o aumento de doenças de natureza endêmica, o comprometimento da qualidade da água nos reservatórios, afetando atividades como pesca e agricultura; e, problemas de segurança das populações, com o aumento dos riscos de inundação abaixo dos reservatórios, decorrentes de problemas de operação. Ainda, grandes quantidades de terras cultiváveis ficaram submersas e, em muitos casos, a perda da biodiversidade foi irreversível.

Segundo Fearnside (1990), as organizações que se opunham à construção do projeto, através de levantamentos realizados na área, contabilizaram 217 famílias, num total de 1.000 pessoas. Outra empresa, favorável ao projeto, verificou a existência de 11 famílias, totalizando 42 pessoas. A população residente não-indígena, cujos números oficiais da Eletrobrás totalizaram 250 pessoas, receberam terras em um projeto de assentamento do governo como forma de indenização.

Ainda segundo Fearnside (1990), residentes ao longo do rio Uatumã, abaixo da barragem, optaram por permanecer ali, em troca de benefícios para compensar a perda de pesca e água potável durante a fase de enchimento do reservatório, como secadores solares para preservação dos peixes presos em poças formadas no leito seco do rio, poços e tanques de água. No entanto, o número de residentes a jusante beneficiados pelo programa de assistência foi reduzido durante a construção da barragem e, novamente, em 1986, quando a Eletronorte decidiu restringir a assistência às famílias residentes em até 95 Km abaixo da barragem, estabelecendo um clima de desconfiança entre estes moradores de jusante e a Eletrobrás.

Contudo, estudos demonstraram que os impactos atingiram vários municípios banhados pelo rio Uatumã (Presidente Figueiredo, Itapiranga e São Sebastião do Uatumã) numa extensão de 200 Km, totalizando cerca de 10 mil pessoas (BALDISSERI, 2005).

3. METODOLOGIA

A Região Hidrográfica Amazônica representa cerca de 40% do território brasileiro e possui mais de 60% de toda a disponibilidade hídrica do País (BRASIL, 2006). Rios, como componentes de grandes unidades paisagísticas, dependem das extensas áreas terrestres de drenagem adjacentes. As águas dos rios são o produto de interações físicas e químicas ocorridas durante o processo de infiltração e escoamento nessas áreas. Na região Amazônica, as relações entre a química dos sistemas de rios e a geologia de suas áreas de influência são notavelmente nítidas. Reconhecem-se ali três tipos de águas, segundo características visuais como cor e transparência: brancas, claras e pretas (ZEIDEMANN, 2001).

Entre os recursos naturais essenciais, a água ocupa posição de destaque, pois sua manutenção em condições ideais é extremamente importante para a manutenção da vida no planeta. Porém, em consequência da exploração não sustentável dos recursos hídricos, estes se encontram, em geral, com sérios problemas na qualidade da água, enquanto que a demanda aumenta paulatinamente (SILVA, 2009).

Sendo assim, optou-se pela abordagem hipotético-dedutiva, pois, percebe-se a importância da análise das variáveis limnológicas e climatológicas e sua influência na margem direita do reservatório Balbina, que ao decorrer do tempo provocou riscos e danos a geografia do local. O método hipotético-dedutivo goza de notável aceitação, sobretudo no campo das ciências naturais. Nos círculos neopositivistas chega mesmo a ser considerado como o único método rigorosamente lógico (GIL, 2002).

A pesquisa é cunho quantitativo, pois, foi feita uma coleta de água *in loco*, e registros referentes as variáveis climatológicas. Segundo Richardson (1999), a pesquisa quantitativa é caracterizada pelo emprego da quantificação, tanto nas modalidades de coleta de informações quanto no tratamento delas por meio de técnicas estatísticas.

Para Mattar (2001), a pesquisa quantitativa busca a validação das hipóteses mediante a utilização de dados estruturados, estatísticos, com análise de um grande número de casos representativos, recomendando um curso final da ação. Ela quantifica os dados e generaliza os resultados da amostra para os interessados.

A pesquisa tem caráter exploratório, permite familiarizar-se com um assunto ainda pouco conhecido, pouco explorado. Ao final há entendimento maior acerca do assunto, e as possibilidades para criar e construir hipóteses é amplo.

Aos procedimentos adotados se encaixam: pesquisa de campo, pois, tem como característica investigações em que, além da pesquisa bibliográfica, se realiza coleta de dados junto a pessoas e de material *in loco*. Procura o aprofundamento de uma realidade específica. É basicamente realizada por meio da observação direta das atividades do grupo estudado e de entrevistas com informantes para captar as explicações e interpretações do ocorrem naquela realidade (GIL, 2002).

Bibliográfica, pois, para Gil (2002), é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos. Embora em quase todos os estudos seja exigido algum tipo de trabalho dessa natureza, há pesquisas desenvolvidas exclusivamente a partir de fontes bibliográficas. Boa parte dos estudos exploratórios pode ser definida como pesquisas bibliográficas.

3.1 Característica do reservatório Balbina

O reservatório de Balbina, possui suas coordenadas: 1°54'56.7" S, 59°28'25" W, é umas principais construções para abastecimento de energia elétrica para cidade de Manaus. Está localizado no rio Uatumã, a 170 km de Manaus, pela BR/174, dentro dos limítrofes do município de Presidente Figueiredo, no Estado do Amazonas. Ela tem uma capacidade nominal de 250MW, dispendo de quatro vertedouros e cinco turbinas. A cota normal do reservatório está em torno de 50 m, sendo 51,2 na máxima e 48 m na mínima. A baixa declividade do terreno resultou numa enorme área de inundação, com 2.360 km², profundidade média de 7 m, comprimento de 210 km e larguras média e máxima de 11 e 75 km, respectivamente (ELETRONORTE, 1979).

3.1.1 Características da bacia do Uatumã

A bacia do rio Uatumã, afluente da margem esquerda do rio Amazonas, está localizado no estado do Amazonas, cerca de 140 Km à nordeste da cidade de Manaus, entre as latitudes 0°15'S e 2°48'S e longitudes 58° 34' W e 60° 54' W. É cortada em sua porção NW pela BR-174, rodovia que liga Manaus (AM) à Boa Vista (RR). As cabeceiras do Uatumã são formadas principalmente pelos igarapés: Santo Antônio do Abonari e Taquari, sendo seus

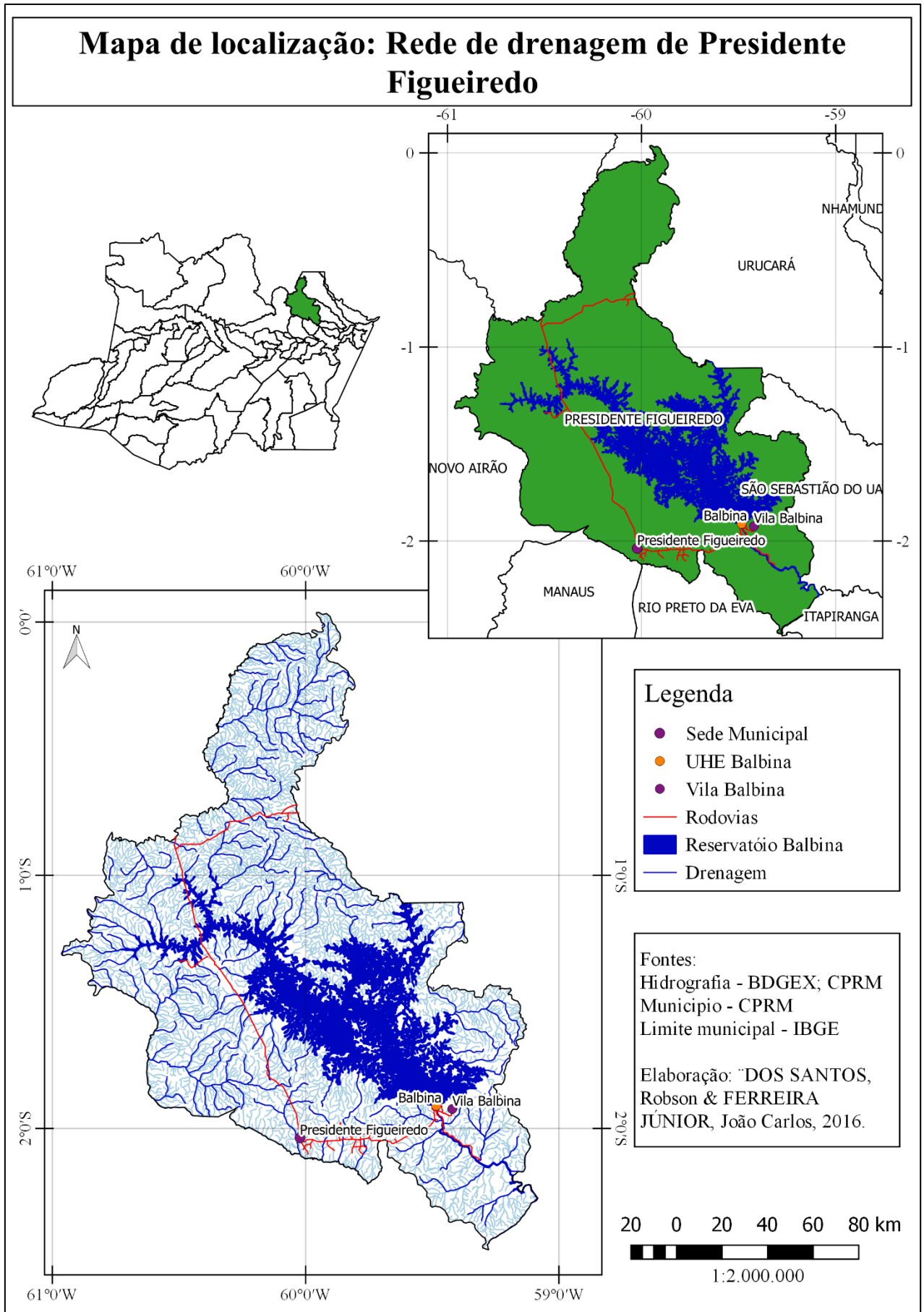
principais afluentes os rios Pitinga e Jatapu (em sua margem esquerda). A partir de sua foz, no rio Amazonas, nas proximidades das cidades de Itacoatiara e Urucará, o rio Uatumã tem uma extensão de 512 Km, sendo o eixo da barragem da Usina Hidrelétrica de Balbina no Km 318, e as confluências com os rios Pitinga e Jatapu nos Km 90 e 397, respectivamente (figura 5).

A área total da bacia, incluindo o rio Jatapu, é de cerca de 70.600 Km², dos quais, 18.862 Km² representam a bacia de contribuição da UHE Balbina. Em todo o seu curso o rio Uatumã é bastante sinuoso e a bacia é densamente coberta por florestas. Seu curso é predominante no sentido NW-SE, apresentando pouca declividade, exceto no trecho médio, onde se localizam as cachoeiras Balbina e Morena. Estudos efetuados indicaram que o desnível topográfico entre a confluência dos igarapés Santo Antônio do Abonari e Taquari e o local Balbina é de 22m (BALDISSERI, 2005). Portanto, a declividade média do rio no trecho foi estimada em 0,11m/Km (ELETRONORTE, 1979).

O rio Uatumã, ao longo do seu curso, corta rochas do embasamento cristalino (Pré-Cambriano), da Série Uatumã (Pré-Cambriano Superior) e sedimentares da Bacia Amazônica (Paleozóico e Terciário), sendo que nas proximidades da foz, ocorrem sedimentos quaternários não consolidados. Predominam Argissolos, Latossolos, solos Hidromórficos e Plintossolos (BALDISSERI, 2005).

O clima da área é o tropical chuvoso de monção, com elevadas temperaturas locais, produzidas pelo forte aquecimento solar e altas taxas de umidade atmosférica e de evapotranspiração, ocasionando alto índice pluviométrico anual. As temperaturas variam entre 32,2°C e 20°C; a pluviosidade anual é de cerca de 2200 mm, divididos irregularmente ao longo dos meses (BALDISSERI, 2005).

Figura 4 - Mapa da área de estudo

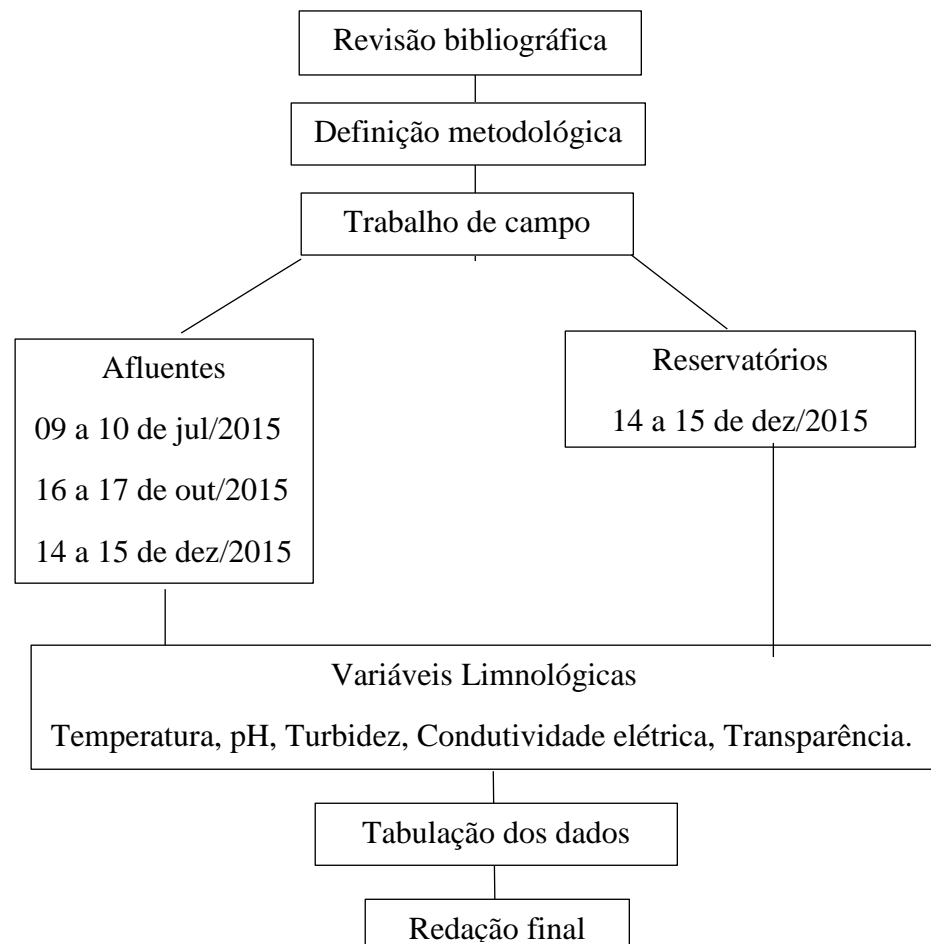


3.2 Procedimentos metodológicos

A pesquisa foi realizada nos afluentes e no reservatório Balbina seguindo quatro etapas metodológicas a serem descritas, conforme apresentado na figura 5.

A metodologia ocorreu primeiramente com a realização do campo e leituras de diferentes referenciais para compreender melhor a temática e da área de estudo em questão. As imagens do satélite Landsat-8 disponíveis pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE foram utilizadas no SPRING 5.3 para delimitar a área de estudo e determinar a distribuição dos pontos para coletas de amostras limnológicas.

Figura 5 – Etapas da pesquisa



Elaboração: DOS SANTOS, Robson, 2016.

3.3 Trabalho de campo

O trabalho de campo para área de estudo foi realizado nos dias 09 e 10 de julho, 16 e 17 de outubro e 14 e 15 de dezembro de 2015 (Tabela 1).

A definição dos pontos amostrais nos afluentes foram a partir de visualizações no programa Google Earth, levando em conta primeiramente a realização em todos afluentes, posteriormente a acessibilidade e proximidade com o reservatório. Quanto ao reservatório foi considerado o tamanho e a disponibilidade logística para a coleta. Com base nessas informações e com o uso das imagens landsat-8 no programa SPRING, os pontos amostrais foram definidos.

Tabela 1 - Tabela das coletas de campo

Nº	Data do campo	Localização	Hora da Coleta	Pontos Coletados
1	9 de julho	Afluentes	15:00 a 16:00	7a e 8a
	10 de julho		10:00 a 14:30	1a a 6a
2	16 de outubro	Afluentes	15:00 a 16:00	7a e 8a
	17 de outubro		10:00 a 14:00	1a a 6a
3	14 de janeiro	Afluentes	16:30 a 18:00	2a, 3a, 6a
	15 de janeiro	Represa	08:00 a 15:00	R1 a R21; B22 a B24

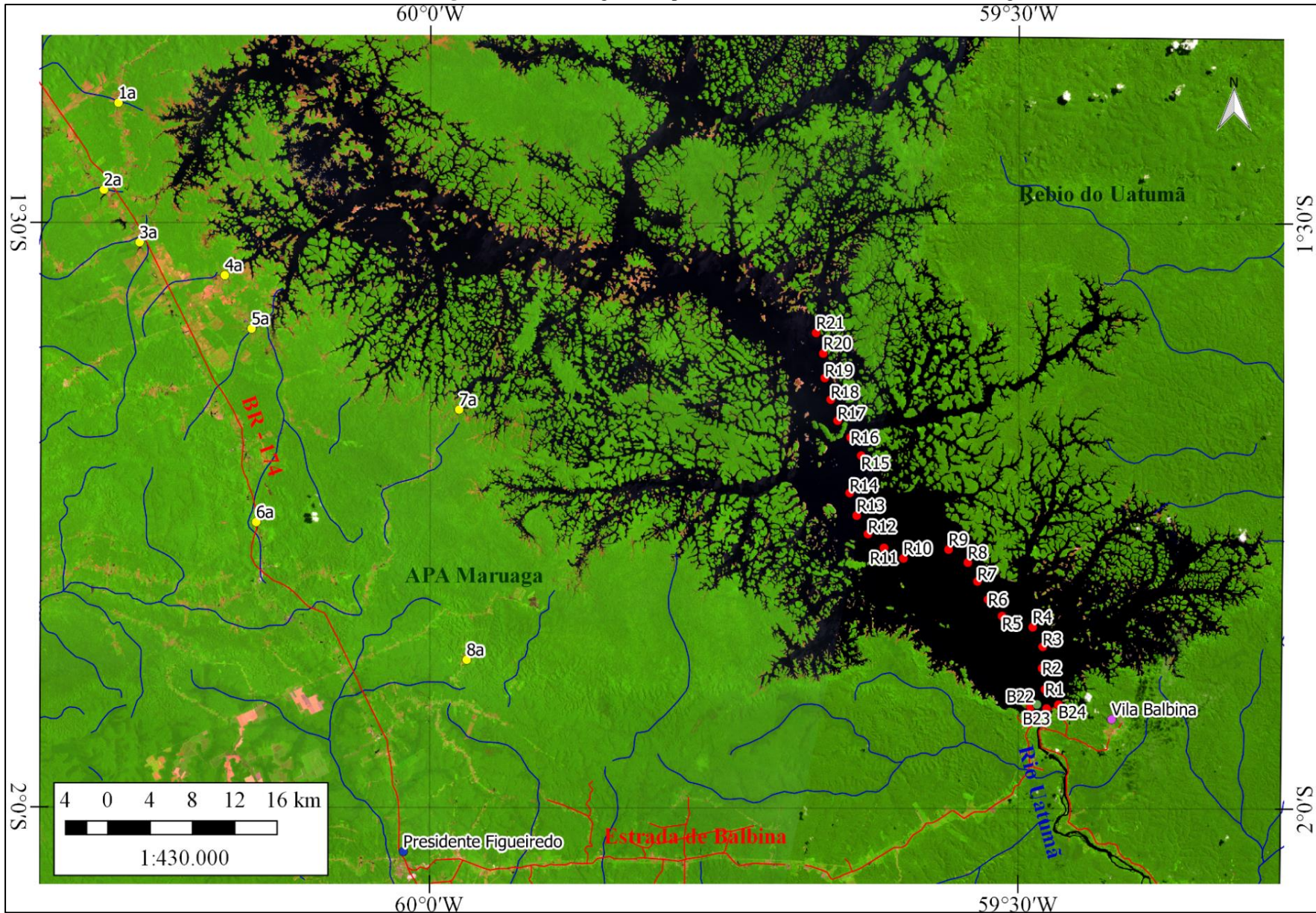
Fonte: Trabalho de campo

Elaboração: DOS SANTOS, Robson

O trajeto para alguns pontos se deu pela estrada BR-174 (2a, 3a e 6a), os demais por ramal (1a, 4a, 5a, 7a, 8a). As diferenças nas datas do campo visaram observar as transformações obtidas pela ação antrópica ou natural.

No dia 15 de dezembro de 2015, foram feitas coletas em 24 pontos (figura 6) para medir as variáveis, diferente dos afluentes foram acrescentadas variáveis para a pesquisa como: transparência. Nos pontos de 21 a 25 corresponde as coletas próximas a barragem, do ponto 1 ao 20, foi feita durante o trajeto, ao todo, o campo teve 42 km de comprimento. Foram elaboradas em cada parada para coleta de amostras, os registros de dados climatológicos, para verificar o comportamento atmosféricos ao longo do fluxo da bacia, optou-se por realizar um formulário (APÊNDICE 1). Nesse a proposta inicial era a realização de informações quantitativa para servir e agregar como fonte de dados com maior detalhe de informações.

Figura 6 - Carta-imagem dos pontos de coletas amostrais (afluentes e lago)



3.4 Coleta de dados limnológicos

As variáveis limnológicas medidas *in situ* foram: temperatura e transparência da água. A temperatura da água foi medida com termômetro digital portátil (Tipo Espeto Instrutherm - TE 400) com resolução de 0,1°C e precisão de 0,5°C. A transparência foi medida com disco de Secchi de 30 cm de diâmetro, no qual a leitura é indicada pelo desaparecimento na coluna d'água e realizada por um único observador.

Para as variáveis condutividade elétrica, pH, turbidez e oxigênio dissolvido, as amostras foram coletadas em frascos plásticos (garrafas PET de polietileno). O equipamento multiparâmetro de bancada Hanna® Edge foi utilizado para medir o pH (Resolução 0,01 e precisão $\pm 0,01$), condutividade elétrica em $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Resolução 0,1 e precisão de $\pm 1\%$ de leitura) e o oxigênio dissolvido em mg/L (Resolução 0,01 e precisão de $\pm 1,5\%$ de leitura). O Turbidímetro digital portátil (Instrutherm TD-300) foi utilizado para medir a turbidez em NTU (Resolução 0,01 e precisão de $\pm 0,5$ NTU).

3.5 Tabulação e análise dos dados

A tabulação dos dados limnológicos e variáveis climatológicas foi realizada por meio do programa Microsoft Office Excel, que auxiliou na elaboração de gráficos, tabelas e planilhas visando formular a discussão dos resultados. É importante mencionar que foi utilizado também como suporte nessa etapa o programa QGIS 2.16.2 e SPRING, que serviu para elaborar os mapas da área de estudo e dos pontos amostrais.

Na ficha de campo, os dados obtidos por coletas e observações, foram delimitados por meio da avaliação dos equipamentos e complementação de livros onde foram utilizados métodos de pesquisas relacionados água. Gráficos de colunas e de setores, em números absolutos, foram usados para demonstrar o resultado de cada variável das características da água do lago e climatológicas.

A análise dos dados limnológicos foi realizada por meio de gráficos de linhas para cada variável estudada e tabelas com a estatística descritiva (mínima, máxima, média e desvio padrão).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Será apresentado neste capítulo características limnológicas dos afluentes e do lago da represa Balbina. Ao final é feita a comparação dos diferentes ambientes, com finalidade de entender as transformações ocorrentes com a formação do reservatório.

4.1 Características dos afluentes

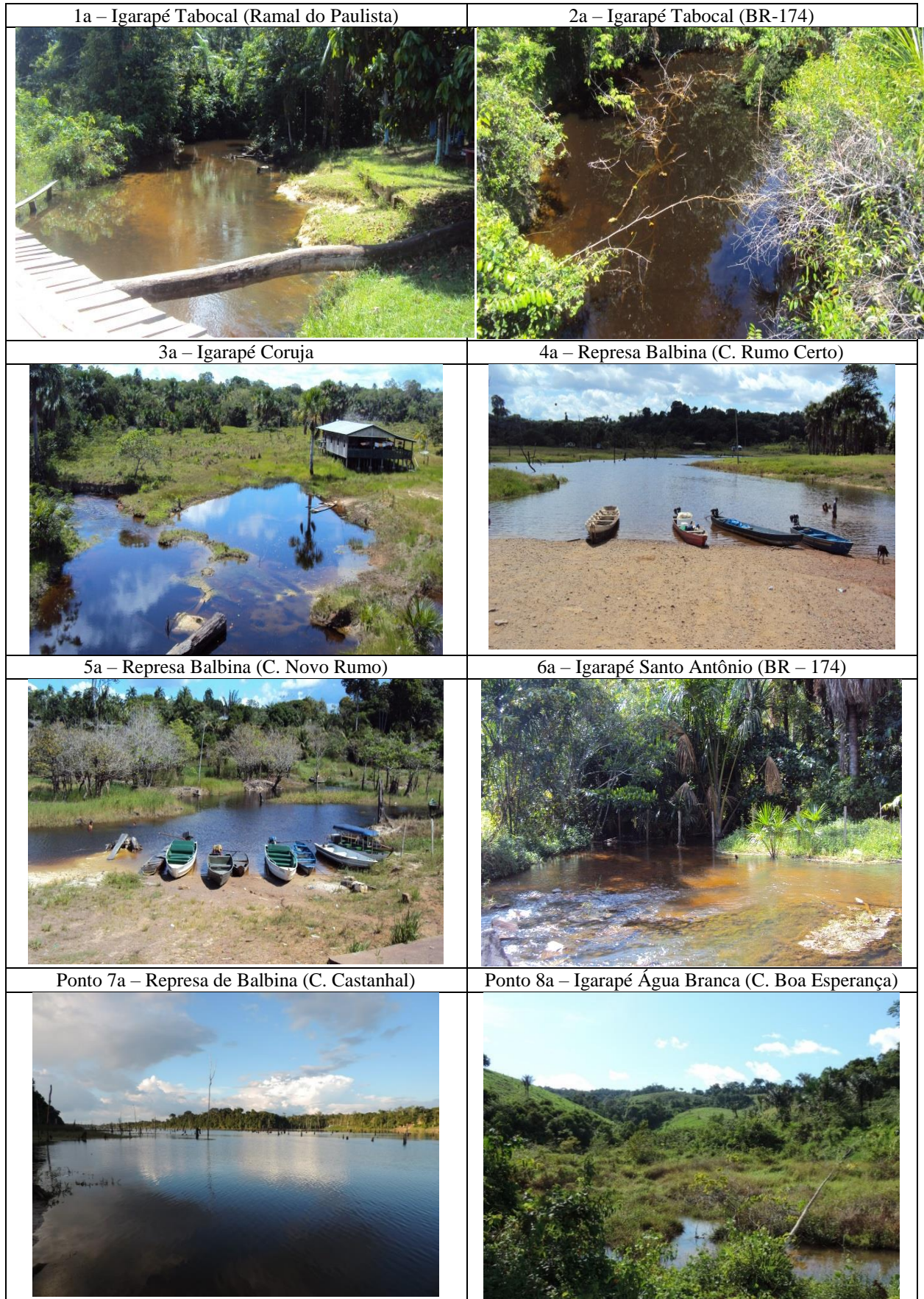
Os igarapés da margem direita do reservatório de Balbina, não são profundos e suas dimensões são pequenas, seus tamanhos podem variar entre as dimensões 3 a 12 m de largura e profundidade de 0,1 a 0,40 m, tornando a característica da transparência visível até o fundo, boa parte dos igarapés tem padrão sinuoso, e mesmo com este padrão apresentam correnteza e outros ambientes lântico, seus materiais de fundo correspondem por rochosos, arenosos e argilosos. A figura 7 demonstra caracterização dos afluentes por imagens.

No 1° afluente (1a), igarapé Tabocal, o acesso é feito pelo ramal do Paulista, possui características vegetativas arbóreas com visível erosão, a mata ciliar que possui, logo a jusante apresenta barragem de contenção, visto que a área é utilizada como balneário em finais de semana.

No 2° afluente (2a), localizado na BR-174, igarapé Tabocal apresenta vegetação do tipo arbórea, tendo a presença da mata ciliar, com isso, não foi identificado erosão, mas em relação as atividades antrópicas, observou-se ponte e resíduos sólidos eletrônicos jogados no canal.

No 3° afluente (3a), igarapé Coruja, apresenta erosão, com a composição vegetativa arbustiva, porém, não há mata ciliar. Dentre as atividades humanas nesse ponto destaca-se presença de uma moradia na margem a jusante e ponte sobre o canal. O igarapé teve comportamento em julho correntoso, porém em outubro o ambiente lântico.

Figura 7 - Mosaico de fotos dos respectivos afluentes



Fonte: WACHHOLZ, 2015

No 4° afluyente (4a), o tipo de cobertura são áreas de campo que se encontra no entorno, sua localização na margem da comunidade Rumo Certo. Em julho, não houve erosão, quanto a presença da mata ciliar se dar na margem esquerda, a margem direita é ocupada por moradias e embarcações. No mês de outubro, a erosão expande para a margem direita, a presença de mata ciliar e moradia somente a jusante, dentre as atividades antrópicas observou-se rochas no leito depositados; ponte sobre o rio e queimadas na margem esquerda. Em dezembro, ocorre o uso do afluyente para balneário.

No 5° afluyente (5a), localizado na Comunidade Novo Rumo e seu acesso é feito pelo ramal - assim como a maioria dos pontos, possui uma composição vegetativa mais variadas com arbórea, arbustivas em decomposição e rasteira, a erosão acontece por conta do embarque e desembarque.

O 6° afluyente (6a), igarapé Santo Antônio, no seu entorno possui vegetação arbórea densa - presença de buritizal, apesar de possuir mata ciliar, ocorre erosão causadas por canaletas e assoreamento, em consequência disso a sedimentação no canal, a interferência antrópica acontece com desmatamento nas encostas, presença de moradias a montante do canal

O 7° afluyente (7a), encontra-se na comunidade Castanhal, na visita neste ponto há predominância de vegetação rasteira, ocorre erosão e em resultado disso tem material em suspensão, e não diferente do ponto 6, não possui presença da mata ciliar, entre as atividades humanas, destaca-se moradias e um porto de represamento do rio Uatumã.

O 8ª afluyente (8a), igarapé Água Branca, a vegetação nesse local e arbustiva e arbórea, ocorre erosão e assoreamento, no mês de julho a área tinha mata ciliar, diferente do mês de outubro promovida pelo desmatamento, para pastagens.

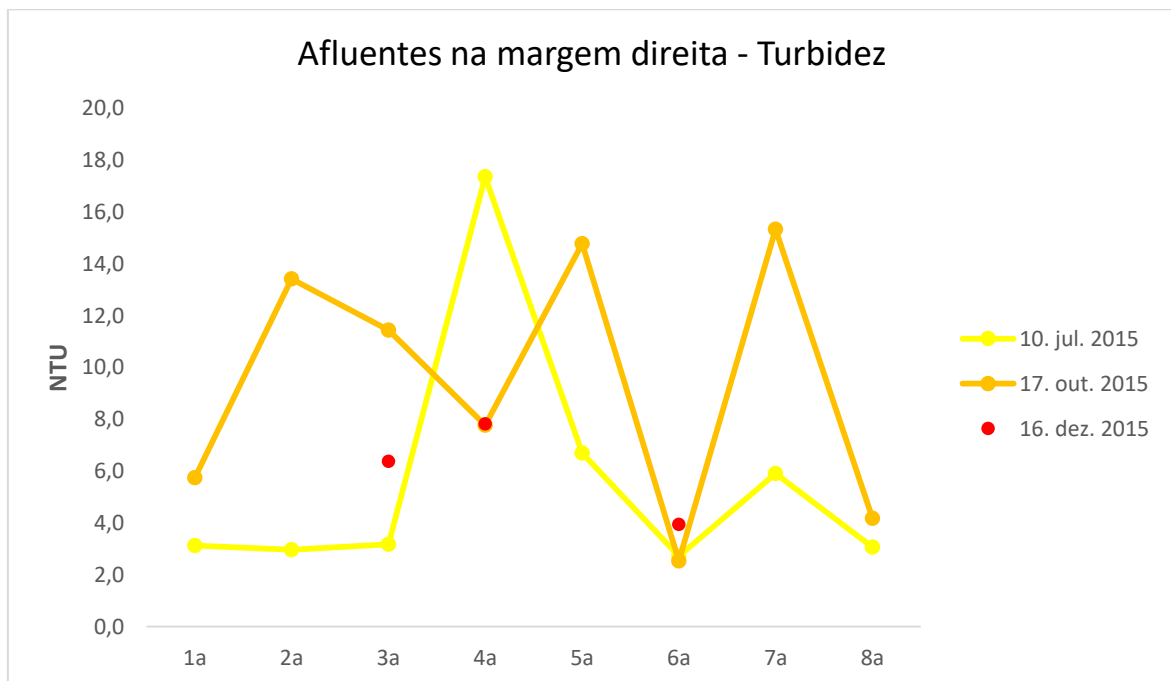
4.1.1 Variável turbidez

A turbidez da água no mês de julho apresentou variação entre 2,7 a 17,4 NTU (figura 8). No período ápice da enchente (junho a julho) o valor médio $5,6 \pm 5,0$ NTU, onde o maior valor foi encontrado no 4° afluyente (17,4 NTU), a consequência desse ápice no gráfico está com a cor da água: amarelada a marrom, diferente das demais que possuem coloração chá, sua transparência chega a 1,5 metros.

No mês de outubro, os valores de turbidez mostraram uma variação menor do mês de julho, entre 2,53 a 15,3 NTU, com valor médio $9,4 \pm 5,0$ NTU, mas o comportamento da turbidez não mostrou uniformidade, houve mais picos dando ênfase nos afluentes 2, 3, 5 e 7 (≥ 10 NTU). Os afluentes 5 e 7 têm turbidez acima dos demais por possuírem correnteza, apesar de todos os afluentes possuem o mesmo material de fundo: argiloso, além de reduzir a penetração da luz solar na coluna d'água. Os sedimentos argilosos podem carrear nutrientes e pesticidas. As partículas em suspensão localizadas próximo à superfície podem absorver calor adicional da luz solar, aumentando a temperatura da camada superficial da água (UFRRJ, 2016). Identificou-se a presença de construções (moradias e pontes) que podem estar aumentando os valores de turbidez.

No mês de dezembro os únicos afluentes onde foram feitos registros: 3a, 4a e 6a o comportamento da turbidez se mostrou constante, apesar de encontrar uso para balneários e embarcações, certamente influenciado pela redução das chuvas.

Figura 8 - Turbidez da água nos pontos amostrais nos afluentes



Fonte: Pesquisa de campo.

Elaboração: DOS SANTOS, Robson, 2016.

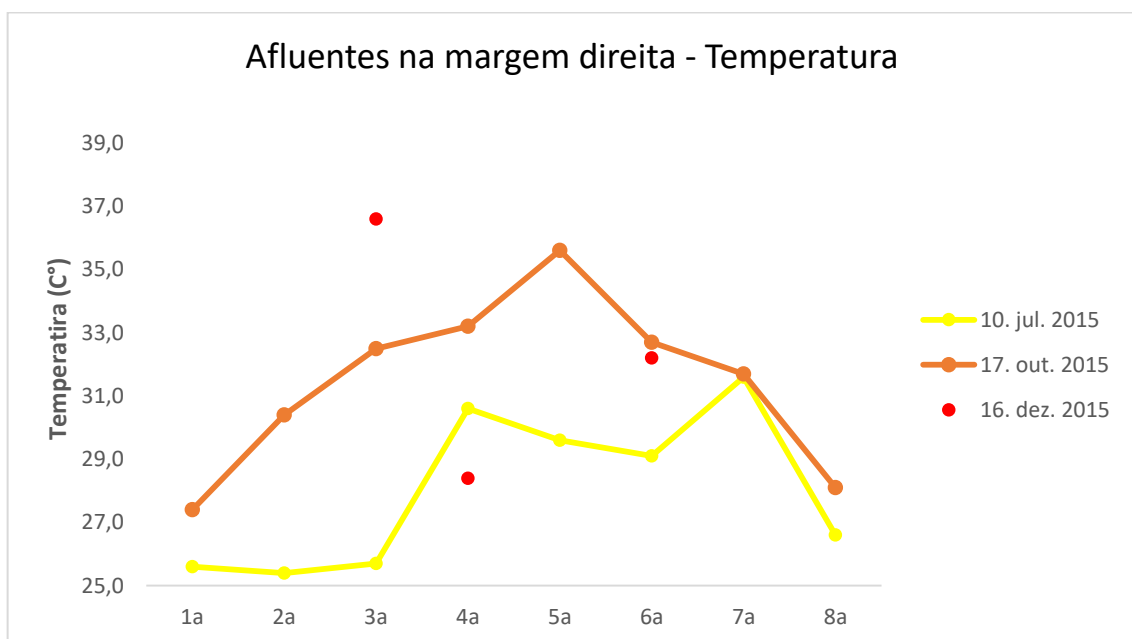
4.1.2 Variável temperatura da água

A temperatura da água no mês de julho esteve entre 25,4 a 31,6°C (figura 9), com valor médio de $28,0 \pm 2,5$ °C. A variável é maior a partir do afluente 4 ao afluente 7, a

temperatura do ar nesses afluentes estavam entre 27,4 a 31,8°C, devido a correnteza reduzida e falta de vegetação, permite a incidência direta dos raios solares.

No mês de outubro, a temperatura oscilou entre 27,4 a 35,6°C, com valor médio de 31,5±2,7°C. As temperaturas da água foram maiores com destaque para o afluente 5 com 35,6°C visto que o ambiente estava lântico e apresentava baixa profundidade. Em dezembro o afluente 3 se destaca pela maior temperatura da água, visto o horário de coleta (17h), pouca correnteza e incidência direta dos raios solares na água.

Figura 9 - Temperatura da água nos pontos amostrais nos afluentes



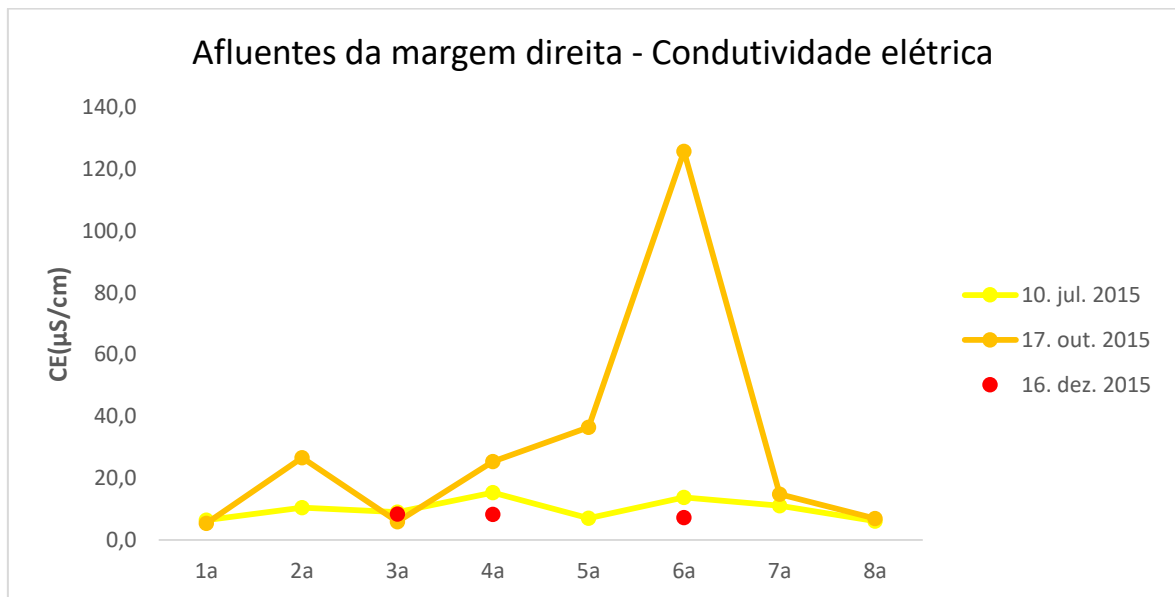
Fonte: Pesquisa de campo.

Elaboração: DOS SANTOS, Robson, 2016.

4.1.3 Variável condutividade elétrica

No mês de julho, a condutividade variou entre 6,1 a 15,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (figura 10), com média global de $9,9 \pm 3,4 \mu\text{S}/\text{cm}$, sendo os maiores valores observados nos afluentes 2, 4, 6 e 7 ($\geq 10 \mu\text{S}/\text{cm}$).

No mês de outubro, a condutividade variou entre 5,3 a 125 $\mu\text{S}/\text{cm}$, com média global de $30,9 \pm 40 \mu\text{S}/\text{cm}$, sendo os maiores valores observados nos pontos 2, 4, 5, e 6 ($\geq 10 \mu\text{S}/\text{cm}$). No mês de dezembro, ressalta-se nos três pontos analisados (9, 12 e 13) a condutividade tem seus valores de 7,4, 8,2 e 8,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Esse crescimento está ligado ao pouco índice decomposição de matéria orgânica no local.

Figura 10 - Valores de condutividade elétrica nos pontos amostrais nos afluentes

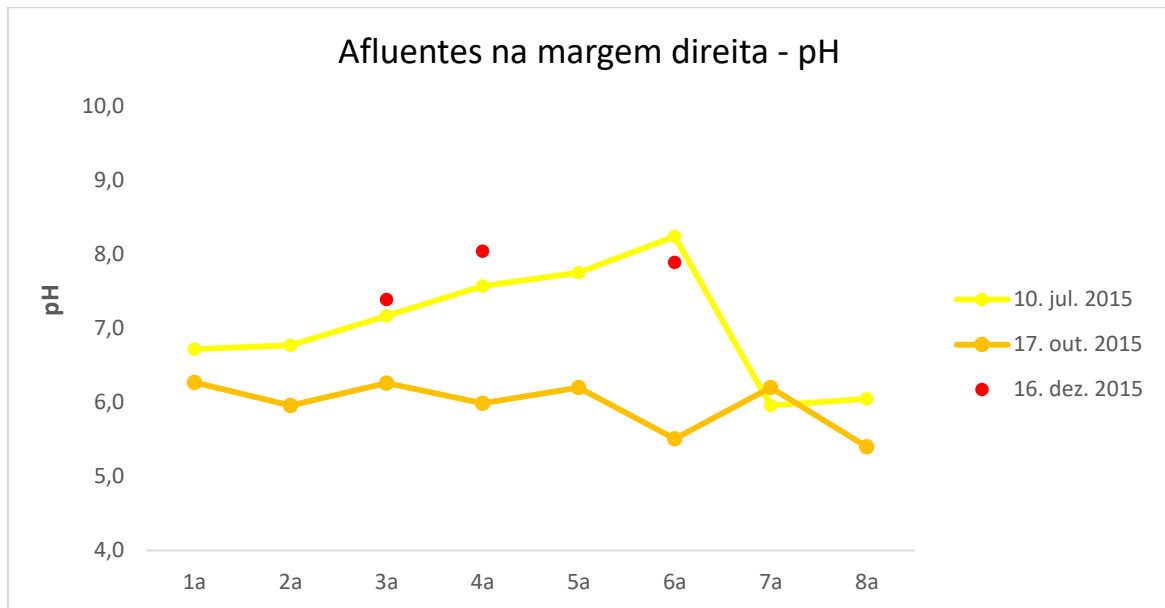
Fonte: Pesquisa de campo.

Elaboração: DOS SANTOS, Robson, 2016

4.1.4 Variável pH

O pH da água no mês de julho apresentou entre 6,0 a 8,2 (figura 11), com valor médio de $7 \pm 0,8$. Os afluentes possuem valores acima dos quais conforme Sioli (1985) e Almeida (2008) as águas do rio Negro possuem pH entre 3,8 a 5,5.

No mês de outubro, o pH variou entre 5,4 a 6,3, com valor médio de $6 \pm 0,34$. Onde os maiores valores são menores (mais ácido) observados em todos os afluentes ($< 7,0$). Amostras essas apresentaram semelhantes aos encontrados em águas pretas, e dentro dos valores encontrados em águas brancas do rio Solimões. O afluente 8, em suas duas amostragens (Julho e Outubro) manteve seu pH abaixo 6,1 e 5,4 respectivamente, podendo gerar essas informações o fato do material de fundo: silte e argila, com erosão e assoreamento e a presença antrópica marcada pela retirada da cobertura vegetal e pastagens.

Figura 11 - Valores de pH nos pontos amostrais nos afluentes

Fonte: Pesquisa de campo.

Elaboração: DOS SANTOS, Robson, 2016.

4.2 Características limnológicas da represa

A represa de Balbina é um labirinto de canais entre 60 igarapés afluentes e cerca de 3 mil ilhas - formadas após o represamento das águas, na represa há a sustentação de vegetação aquática enraizada no fundo que, adicionada ao problema de macrófitas flutuantes, afeta toda a represa, aumentando os índices de perda de água por evapotranspiração (BALDISSERI, 2005).

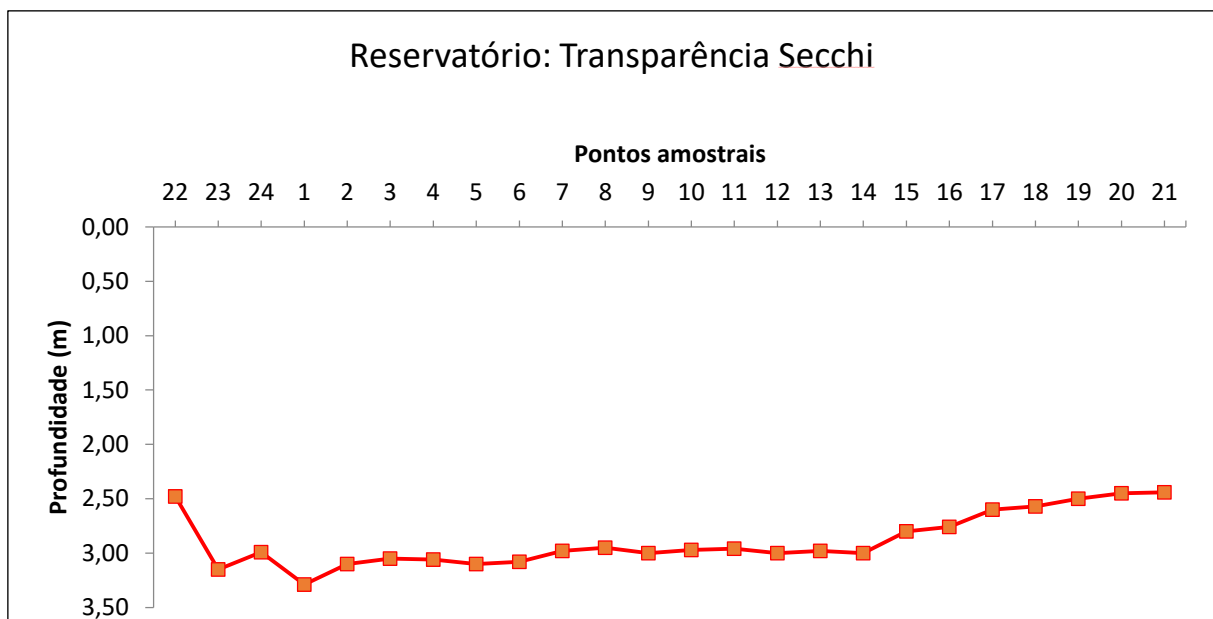
A temperatura do ar no dia 17 de dezembro de 2015 reservatório atingiu a média de 34,4°C, o vento na represa origina-se da direção NE (Nordeste), sua velocidade chegou a 6 km/h. As condições do tempo variou de céu limpo a nuvens esparsas, a intensa radiação solar no reservatório acelera a evaporação, tornando a umidade da região acima de 50%, a superfície da água apresenta diferentes rugosidades subindo a nascente do rio Uatumã, a partir da barragem a rugosidade passa de média a lisa, a coloração das águas se dar conta da decomposição da matéria orgânica – folhas, galhos, a transparência é visível em média por 3m.

4.2.1 Variável de transparência

Com relação à transparência por disco de Secchi, observou-se variação entre 2,4 a 3,3 m, com valor médio de $2,9 \pm 0,2$ m (figura 12). O período da coleta das amostras foi no mês de dezembro, os pontos 22 a 24 foram coletados próximos a barragem, quanto os demais ao longo do curso original do rio de 1 a 21, a distância das entre as coletas foi de 2 km para verificar o comportamento das variáveis. O ponto 23 apresentou transparência menor em virtude da sua coleta próxima ao vertedouro e as margens, o oposto dos pontos 22 e 24 foram coletados próximos a margem.

A transparência diminui no sentido montante da barragem, essa diferença é atribuída pelo o ambiente lântico, e o processo de sedimentação, a sua coloração escura que segundo Sioli (1985) as águas pretas possuem profundidades entre 0,90 a 1,50 m.

Figura 12 - Transparência da água nos pontos amostrais no lago Balbina



Fonte: Pesquisa de campo.

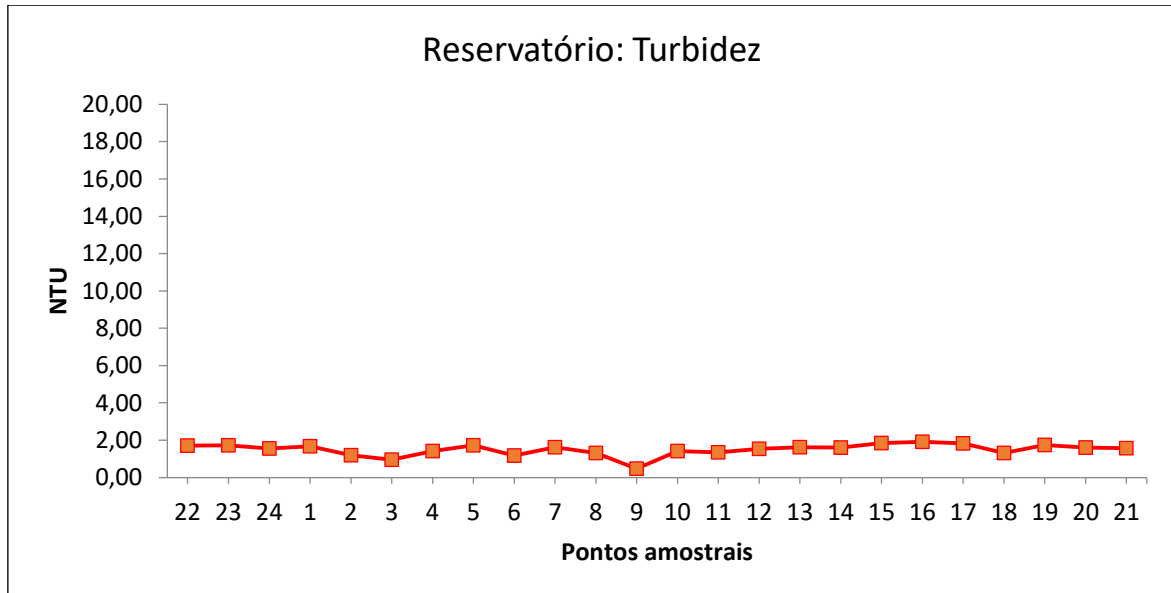
Elaboração: DOS SANTOS, Robson, 2016.

4.2.2 Variável turbidez

A turbidez da água do reservatório apresentou variação entre 0,5 a 1,91 NTU (figura 13), com valor médio $1,5 \pm 0,3$ NTU. No período da pesquisa os valores encontrados nos pontos foram baixos. O ponto 9 apresenta o menor 0,47 NTU, esses valores baixos estão relacionados com a localização (represa), onde a velocidade de escoamento da água é menor, e resultante disso a turbidez é bastante baixa.

Os valores com picos elevados foram nos pontos 5, 15, 16, 17 e 19 ($> 1,70$ NTU). Apesar da análise não haver muita discrepância, é notável que o aumento da turbidez está relacionado com a redução da transparência.

Figura 13 - Turbidez da água nos pontos no lago Balbina

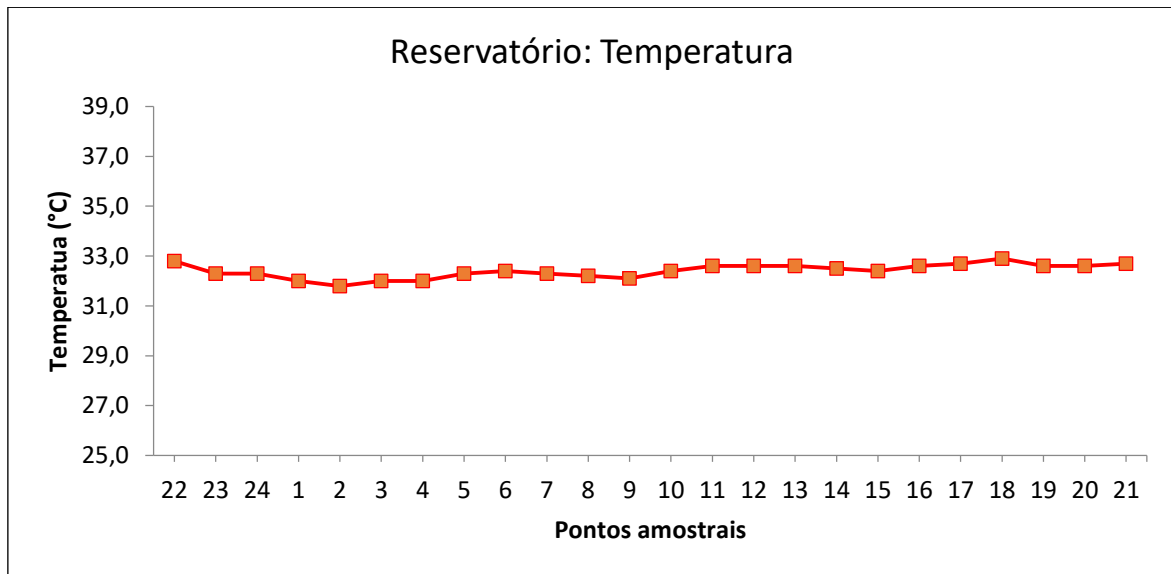


Fonte: Pesquisa de campo.

Elaboração: DOS SANTOS, Robson, 2016.

4.2.3 Variável temperatura

A temperatura da água oscilou entre 31,8 a 32,9°C (figura 14), com valor médio de $32,4 \pm 0,3$ °C. a variável próxima as barragens foram maiores levando em consideração a água represada e fatores climatológicos: temperatura do ar na represa com média acima 30°C, e, crescentes com a hora da coleta (Sentido jusante-montante).

Figura 14 - Temperatura da água nos pontos amostrais no lago Balbina

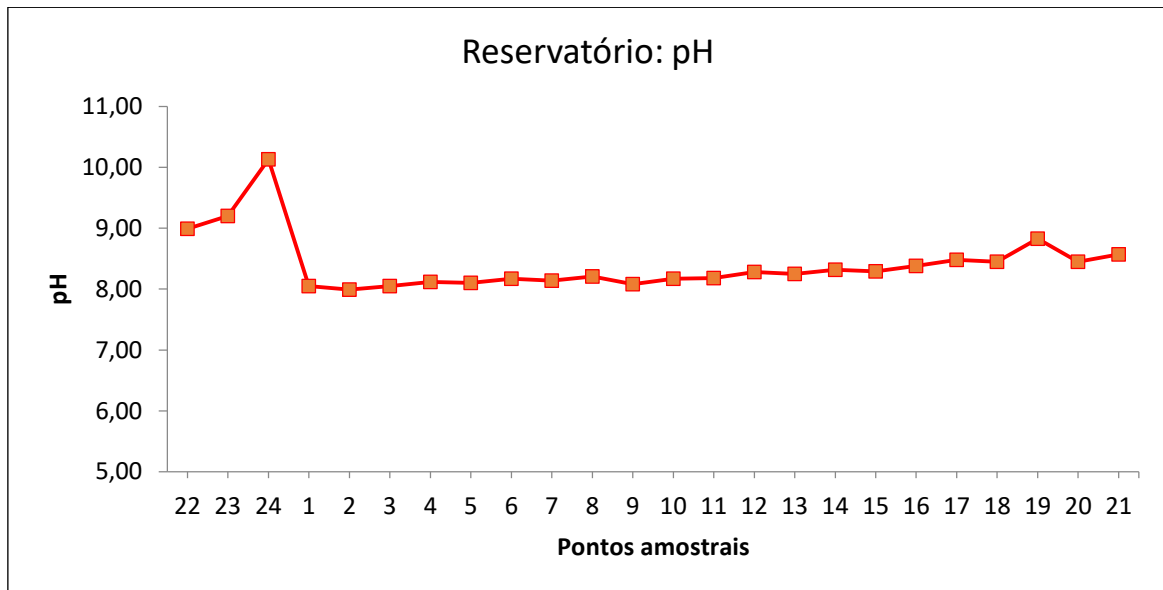
Fonte: Pesquisa de campo.

Elaboração: DOS SANTOS, Robson, 2016.

4.2.4 Variável pH

O pH da água apresentou entre 8,0 a 10,1 (figura 15), com valor médio de $8,4 \pm 0,5$ (figura 15). Os pontos amostrais registraram valores $>7,0$. O nível do pH das águas pretas é em torno 4,5 a 5. Na escala antilogarítmica, há a faixa de 0 a 14 (inferior a 7: condições ácidas; superior a 7: condições alcalinas). O valor do pH influi na distribuição das formas livre e ionizada de diversos compostos químicos, além de contribuir para um maior ou menor grau de solubilidade das substâncias e de definir o potencial de toxicidade de vários elementos (FUNASA, 2014).

Próximo as barragens o pH teve taxa alcalinas causado pelo processo lento de decomposição da matéria orgânica. Apesar dos pontos serem coletados em águas pretas, a variável encontrou-se acima do padrão (pH de 4 a 5), a partir da barragem os pontos apresentaram valores menores, adentrando a barragem a cada 2 km é perceptível os valores são mais baixos a montante, o processo de decomposição é mais rápido e no seu entorno há maior presença de árvores.

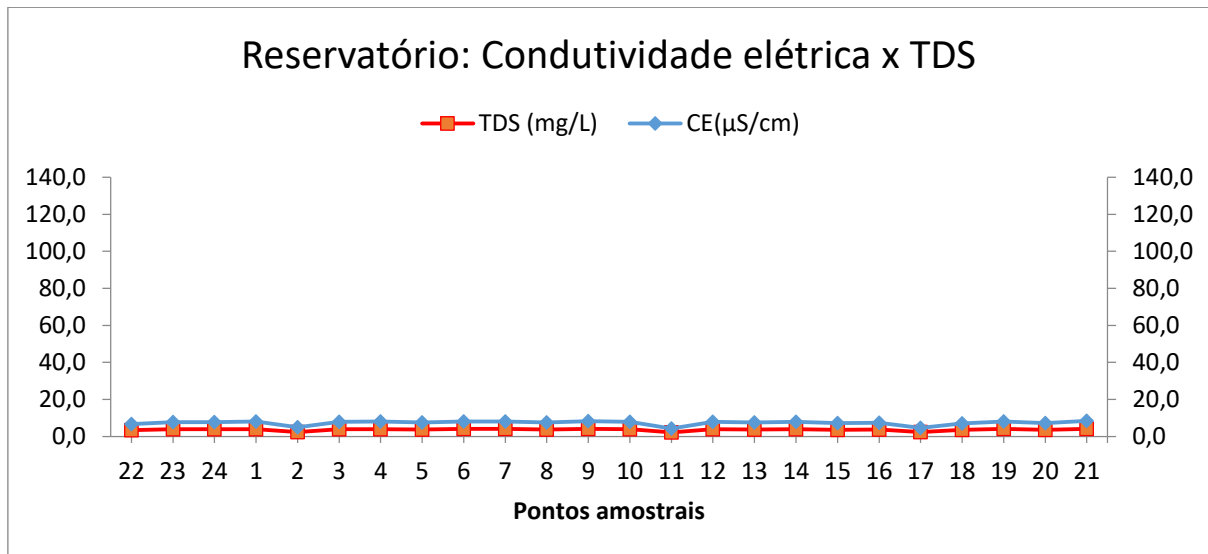
Figura 15 - Valores de pH nos pontos amostrais no lago Balbina

Fonte: Pesquisa de campo.

Elaboração: DOS SANTOS, Robson, 2016.

4.2.5 Variável condutividade elétrica e TDS

A condutividade elétrica teve mínima e máxima com 6,1 a 15,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (figura 16), com média global de $7,3 \pm 1,1 \mu\text{S}/\text{cm}$, sendo os maiores valores observados nos afluentes 2, 11 e 17 ($\geq 10 \mu\text{S}/\text{cm}$). TDS (Total Dissolved Solids) teve os valores entre 2,2 a 4,2, com média de 3,7 a 0,6. Portanto, as unidades de medidas são diferentes, mas as causalidades para alterações na variável de condutividade na água são os mesmos. Os pontos 5, 11 e 20 demonstram índices mais baixos.

Figura 16 - Valores de condutividade elétrica nos pontos amostrais no lago Balbina

Fonte: Pesquisa de campo.

Elaboração: DOS SANTOS, Robson, 2016.

4.3 Comparação dos dados das variáveis limnológicas nos afluentes e represas

A construção de represas constitui provavelmente, um dos mais expressivos exemplos de pressão e capacidade de interferência que o homem exerce sobre a natureza. Segundo Angelini (2002, apud WACHHOLZ, 2007, p. 24) um reservatório pode ter vários compartimentos aquáticos com uma ou mais características em comum, porém comunicando-se um (s) com outro (s) e deslocando energia e matéria, ou seja, ocorre uma transferência das propriedades da água.

A área de estudo compreende dois desses compartimentos, para fazer a comparação entre os afluentes e reservatórios destacamos alguns dados importantes descritos na tabela 1, com isso podemos caracterizar as áreas com suas médias e relaciona-los.

Tabela 2 – Características limnológicas das diferentes zonas

Variável	Médias						
	Afluentes			Zona de rio			Zona de lago
	Jul	Out	Dez	Jul	Out	Dez	Dez
Temperatura (°C)	26,5	30,2	30,3	30,6	33,5	36,6	32,4
pH	7,0	5,9	8,0	7,1	6,1	7,4	8,4
Condutividade elétrica (μS/cm)	9,1	34,1	7,7	11,1	25,5	8,4	7,3
Turbidez (NTU)	3,0	7,5	5,9	10,0	12,6	6,4	1,5

Fonte: Trabalho de campo

Elaboração: DOS SANTOS, Robson, 2016

O valor de temperatura apresenta um crescente aumento no decorrer dos meses consequente da maior incidência da radiação solar, que na região amazônica compreende os meses de agosto a dezembro. Nos afluentes as temperaturas são menores, devido a presença da mata ciliar preservada e maior velocidade da água, incapacitando a retenção de calor. Nos afluentes ligados diretamente ao reservatório, as temperaturas são maiores, pois a floresta é quase ausente e o canal encontra-se assoreado. No reservatório, uma extensa área florestal foi afogada remetendo a transformação na paisagem constituída por cacaiais (paliteiros), as temperaturas são maiores e constantes, sob ação das forças climatológicas.

O pH na zona de lago é alcalino (superior a 7), fatores determinantes para essa característica podem estar relacionados a maior densidade de fitoplâncton, visto que o pH pode atingir naturalmente valores acima de 9,0 durante o período de máxima insolação, devido à atividade fotossintética das algas. A zona de rio é relativamente larga, bem misturada e as forças advectivas auxiliam no transporte de significativas quantidades de material particulado fino, como silte e argila, diferente dos afluentes com pH ácido.

Condutividade elétrica tem valores com algumas mudanças para as três regiões. Observou-se maior condutividade elétrica nos afluentes e na zona de rio pela disponibilização de nutrientes e efluentes das atividades antrópicas como a agropecuária e instalação de comunidades as margens da represa. Por outro lado, na zona de lago onde já pode ter ocorrido a utilização desses nutrientes pelos fitoplânctons e ainda os afluentes da margem esquerda não apresentam ocupação antrópica (Reserva Biológica do Uatumã).

A turbidez foi menor no reservatório. Segundo Thorton et al. (1990) a zona lacustre apresenta funcionamento semelhante aos lagos, com baixa sedimentação de partículas inorgânicas e suficiente penetração da luz promovendo a produção primária. Também pode apresentar-se estratificada, além disso quanto maior for a luz espalhada maior será a turbidez da amostra, isso evidencia o ambiente lântico. O ambiente lântico torna a velocidade do escoamento da água menor, e resultante disso a turbidez baixa. Nos afluentes e nos braços a turbidez maior decorrente das erosões e assoreamento.

A zona de rio do reservatório, devido o enchimento do reservatório os afluentes sofreram mudanças drásticas em seus processos naturais, as arvores tornaram-se paliteiros expostos, podendo ser submersas de acordo com o período do ano, nesses afluentes a lâmina d'água é muito rasa, a intervenção humana com moradias nessas localidades são maiores,

pois, esses braços ligam a outras comunidades, o processo de assoreamento é perceptível e acelerado, algumas das ilhas formadas pelo represamento foram usadas para agropecuária intensificando a erosão principalmente na flutuação do nível da água. Nos afluentes da zona de rio sofrem com a atividade antrópica promovida pela construção da represa, conforme observado na figura 17.

Figura 17 - Afluente na época da seca (ponto 4).



Fonte: WACHHOLZ, 2015

A construção do reservatório no rio Uatumã, promoveu uma série de impactos negativos após o acumulo, tendo como suas principais características manutenção da vazão da cota d'água (figura 18) e paisagem constituída por árvores mortas pelo afogamento (figura 19).

Figura 18- UHE Balbina (Vertedouro).



Fonte: WACHHOLZ, Flávio, 2015.

Figura 19 - Paliteiros dentro do reservatório



Fonte: WACHHOLZ, Flávio, 2015.

Os afluentes da margem direita do reservatório possuem características diferentes do reservatório como: mata ciliar em boa parte preservada, mas já sofre com a atividade antrópica como agropecuária, presença de estradas e pontes, moradias e balneários.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A discussão para definição dos pontos para a coleta em diferentes meses do ano de 2015, Os objetos de análise do trabalho de campo restringiu ao impacto positivo e negativo da instalação de uma grande Usina Hidrelétrica sobre uma região geograficamente debitada para tal; problemas ambientais nas comunidades e sua dinâmica; uma visita sobre uma afluentes para verificar as diferenças de um ambiente lótico e lêntico, produção do espaço para atender a demanda das pessoas, permitiu também observar o comportamento nas variáveis físicas e químicas da água em períodos da enchente (de junho a julho), e a transição para vazante (outubro e dezembro).

Com dados obtidos através da caracterização limnológica do reservatório, a condutividade elétrica encontrada na represa tem os dados característicos para águas negras, marcada pelo material de fundo silte e arenoso, quantidade de materiais em suspensão nas margens próximas a barragem. A condutividade nos afluentes é maior caracterizada pelo índice de decomposição orgânica e sedimentos da erosão.

O pH na represa possui valores superiores a 7 (alcalinas) que está em desacordo com literatura quanto águas pretas, porém, é uma das características da zona lacustre do lago, processo de decomposição matéria orgânica é lento, diferente dos afluentes, o pH é ácido, a correnteza é lenta permitindo que decomposição ocorra normal.

A turbidez no lago é influenciada pela zona de lago, onde a velocidade e a renovação da água são muito baixas, provocando na turbidez a redução no seu valor. Outros dados que acompanha é a transparência Secchi que chegou a 3,3 m, importante falar, que pela proximidade das barragens, os valores foram maiores, o que contribui é a intervenção humana com cultura de peixes, embarcações ao despejar resíduos líquidos. Assim, os dados limnológicos obtidos nos afluentes e reservatórios, destaca-se que a turbidez foi menor na represa pela decantação do material suspenso, a temperatura maior devido o ambiente ser lêntico, de pouca movimentação, e por receber maior radiação solar.

Nos afluentes próximos ao reservatório instalaram-se pessoas e formação de comunidades, levando a instalação de portos. Esses portos servem de base para pesca

esportiva e escoamento de produção das ilhas. Visualizou-se, porém, a resíduos sólidos e possíveis entradas de efluentes, que podem estar alterando a qualidade da água.

As variáveis limnológicas nos afluentes diferencia-se com as do reservatório. Nos afluentes a temperatura da água é menor em virtude do ambiente lótico e seu entorno possuir vegetação preservada. O pH é mais ácido, adequado para águas pretas. A turbidez teve valores mais altos relacionado a maior quantidade de matérias em suspensão. Denota-se, portanto, as transformações no reservatório (ambiente lêntico) à qualidade da água do Rio Uatumã, especialmente com aumento da temperatura da água, redução da turbidez e aumento da transparência, além disso, tornando o pH básico e reduzindo a quantidade de nutrientes.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 3. ed. Brasília, 2008.

ALMEIDA, F. F. **Fitoplâncton de um lago de inundação amazônico (lago catalão, Amazonas-Brasil):** estrutura da comunidade, flutuações espaciais e temporais. 2008. 79 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Tropical e Recursos Naturais) – Universidade Federal do Amazonas, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2008

BALDISSERI, D. H. As transformações espaciais e os impactos ambientais na bacia do rio Uatumã – AM, Brasil. **Anais**. X Encontro de Geógrafos da América Latina. USP, 2005

BALDISSERI, Denise. **As transformações espaciais e os impactos ambientais na bacia do Rio Uatumã – AM, Brasil**. 2005. São Paulo. Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina Universidade de São Paulo, 2005.

BERMANN, Célio. Hidrelétricas no Brasil: Desafios e Perspectivas. **Revista Tempo e Presença** n° 317, maio-junho/2001, Editora Koinonia, Rio de Janeiro, 2001.

BITAR, O. Y.; BRAGA, T. O. O meio físico na recuperação de áreas degradadas. In: BITAR, O.Y. (Coord.). **Curso de geologia aplicada ao meio ambiente**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE) e Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), 1995.

BRASIL, **Caderno da região hidrográfica**, Brasília, Ministério do meio ambiente, 2006.

BRASIL, **RESOLUÇÃO CONAMA N° 001**, de 23 de janeiro de 1986

CETESB. **Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2014**. São Paulo, 2015, 520 p. Disponível em: <<http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/wpcontent/uploads/sites/32/2013/11/agua-doce-parte1-corrigeo.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2016.

CETESB. **Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem**. São Paulo, 2009, 43 p. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wpcontent/uploads/sites/32/2013/11/variaveis.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2016.

CRUZ, H.; FRABIZY, P. Impactos Ambientais de Reservatórios e Perspectivas de Uso Múltiplo. **Revista Brasileira de Energia**. Vol. 4. 1995.

ELETRONORTE. s. d. **Ambiente – Desenvolvimento**. Balbina. Catálogo informativo. 24 p.

ELETRONORTE/MONASA/ENGE-RIO (1979). **Usina Hidrelétrica de Balbina** – Projeto Básico – Informe Preliminar Revisado, BAL-10B-9602-RE. Centrais Elétricas do Norte do Brasil SA (ELETRONORTE), Brasília.

ESTEVES, F. DE A. **Fundamentos de Limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

FARIA, J. D. **O que são usinas hidrelétricas a fio d'água? e quais os custos inerentes a sua construção**. Disponível em: < <http://www.brasil-economia-governo.org.br/wp-content/uploads/2012/03/o-que-sao-usinas-hidreletricas-a-fio-d%E2%80%99agua-e-quais-os-custos-inerentes-a-sua-construcao.pdf>> acesso em 15 set. de 2016

FEARNSIDE, P.M. **A Hidrelétrica de Balbina: O Faraonismo Irreversível versus o Meio Ambiente na Amazônia**. Manaus: Editora do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), 1990.

FUNASA, **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**, Brasília, 2014.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

HENRY, R. **Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais**. Botucatu: FAPESP, FUNDIBIO, 1999

JUNK, W. J.; MELLO, J. A. S. Impactos ecológicos das represas hidrelétricas na bacia amazônica brasileira. **Estudos Avançados**, v.4, n.8, São Paulo, Jan./Apr. 1990.

MATTAR, F. N. **Pesquisa de marketing**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

MORAES, R. **Na planície Amazônica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Conquista, 1960.

MEDEIRO FILHO, C. F. **Abastecimento de água**. Disponível em: < <http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Abastece.pdf>> acesso em 15 set. de 2016

PRADO, R. B. Manejo integrado de reservatórios destinados a uso múltiplo como perspectiva de recuperação da qualidade da água, in **Recursos hidroenergéticos: usos, impactos e planejamento integrado**. Ed. RiMa, São Carlos, 2002.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

RIO PARDO VIVO. **Pequenas centrais hidrelétricas**. Disponível em: <<http://riopardovivo.org/pequenas-centrais-hidreletricas/>> acesso em 15 set. de 2016

SANTOS, G. M; OLIVEIRA, B. A. A pesca no reservatório da hidrelétrica de Balbina (Amazonas, Brasil), in **Acta Amazônica**. Ed. INPA, Manaus, 1999.

SILVA, A. P. S. **Qualidade da água do reservatório da usina hidrelétrica (UHE) de Peti, Minas Gerais**. R. *Árvore*, Viçosa-MG, v.33, n.6, p.1063-1069, 2009.

SILVA, G. H. **Limnologia**. Disponível em: <www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/190/apostila%20-%20teorias.doc> Acesso em 15 set. de 2016.

SIOLI, H. **Amazônia: fundamentos da ecologia da maior região de florestas tropicais.** Petrópolis: Vozes, 1985.

SIOLI, H. Studies in amazonian waters. In: **Anais.** Simpósio sobre a biota amazônica. (Limnologia), 1967.

THORTON, K.W., KIMMEL, B.L.; PAYNE, F.E. **Reservoir Limnology:** Ecological perspectives. A Wiley Intersciences Publications. John Wiley & Sons, Inc. 1990.

TUNDISI, J.G. Represas artificiais: perspectivas para o controle e manejo de qualidade da água para usos múltiplos.in: **Anais.** IV Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos, 1985.

TUNDISI, J. G. Reservatórios como sistemas complexos: Teoria, aplicações e perspectivas para usos múltiplos. In: Henry, R. (Ed). **Ecologia de reservatórios:** Estrutura, Função e Aspectos Sociais. FAPESP/FUNDIBIO, São Paulo, 1999

WACHHOLZ, F. **Compartimentação aquática do reservatório Rodolfo Costa e Silva-RS, a partir de variáveis limnológicas e imagens orbitais.** 2007. 97 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

WACHHOLZ, F. **Influência da bacia hidrográfica e características espaço-temporais de variáveis limnológicas sobre reservatórios no Rio Jacuí – RS.** 2011. 196 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2011.

ZEIDEMANN, V. K. O Rio das Águas Negras. In: OLIVEIRA, A. A.; DALY, C. D.; VARELLA, D. (Org.). **Florestas do Rio Negro.** 1. ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2001, v. 61, p. 87-339.

APÊNDICES

Apêndice 1: FICHA PARA IDENTIFICAÇÃO DOS AFLUENTES A MARGEM DIREITA
DA REPRESA BALBINA



FICHA DE CAMPO
PRESIDENTE FIGUEIREDO
(Projeto CNPq 409219/2013-4)



Coordenador: Prof. Flavio Wachholz

Responsável:		Data: ___/___/_____	
Hora: ___:___	Coordenadas Geográficas		
	Latitude:	Longitude:	
Local:			
USO E COBERTURA DA TERRA			
Tipo de Cobertura Vegetal:		Presença de Mata Ciliar:	
Presença de Erosão:		Ação Antrópica:	
CONDIÇÕES DO TEMPO			
Temperatura do ar (°C):		Velocidade do Vento (km/h):	
Umidade (%)		Condições do Céu:	
QUALIDADE DA ÁGUA			
Temperatura da água (°C):		Transparência da água:	
Cor da água:		Odor:	
pH:		Condutividade elétrica:	
Turbidez (NTU):		Oxigênio dissolvido (mg/L):	
CARACTERÍSTICAS DO CANAL			
Largura X profundidade: ___m X ___m		Correnteza:	
Sinuosidade:		Material de fundo:	

Apêndice 2: FICHA PARA IDENTIFICAÇÃO DO RESERVATÓRIO BALBINA

