



Pedro Bentes Arnt

**BALANÇO HÍDRICO DA REGIÃO DA LAGOA DE JACAREPIÁ, SAQUAREMA (RJ):
UMA CONTRIBUIÇÃO À HIDROGEOLOGIA LOCAL.**

**Trabalho de Final de Curso
(Geologia)**

UFRJ
Rio de Janeiro
2020



UFRJ

Pedro Bentes Arnt

**BALANÇO HÍDRICO DA REGIÃO DA LAGOA DE JACAREPIÁ, SAQUAREMA (RJ):
UMA CONTRIBUIÇÃO À HIDROGEOLOGIA LOCAL.**

Trabalho Final de Curso de Graduação em Geologia do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, apresentado como requisito necessário para obtenção do grau de Geólogo.

Orientadores:

Gerson Cardoso da Silva Junior

Kátia Leite Mansur

Rio de Janeiro

Janeiro 2020

PEDRO, Bentes Arnt

Balço hídrico da região da Lagoa de Jacarepiá, Saquarema (RJ): uma contribuição à hidrogeologia local

/ Pedro Bentes Arnt - - Rio de Janeiro: UFRJ / IGeo, 2020.

74 p.: il.; 30cm

Trabalho Final de Curso (Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, 2020.

Orientadores: Kátia Leite Mansur, Gerson Cardoso da Silva Junior

1. Geologia. 2. Setor de Hidrogeologia – Trabalho de Conclusão de Curso. I. Gerson Cardoso da Silva Junior. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia. III. Elaboração do balanço hídrico para a região da Lagoa de Jacarepiá, Saquarema (RJ): uma contribuição à hidrogeologia local.

Pedro Bentes Arnt

ELABORAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO PARA A REGIÃO DA LAGOA DE
JACAREPIÁ, SAQUAREMA (RJ): UMA CONTRIBUIÇÃO À HIDROGEOLOGIA
LOCAL.

Trabalho Final de Curso de Graduação em
Geologia do Instituto de Geociências,
Universidade Federal do Rio de Janeiro –
UFRJ, apresentado como requisito
necessário para obtenção do grau de
Geólogo.

Orientadores:

Kátia Leite Mansur

Gerson Cardoso da Silva Junior

Aprovada em: [22/01/2021](#)

Por:

Gerson Cardoso da Silva Junior (UFRJ)

Hullysses Sabino

João Wagner Castro

UFRJ
Rio de Janeiro
2021

Agradecimentos

Gostaria de dedicar este trabalho aos meus pais que sempre me apoiaram nas atividades acadêmicas e acreditaram no meu potencial. Mesmo quando a situação ficou um tanto quanto tenebrosa eles estavam lá presentes para me apoiar. Amo meus velhos. Meus sinceros agradecimentos aos orientadores Kátia Leite Mansur e Gerson Cardoso da Silva Junior que me guiaram com muita dedicação até que este trabalho assumisse esta forma. Agradeço também ao meu irmão Leonardo Bentes Arnt por me ajudar a entender o quão complexo uma tabela de Excel pode ser. Ao Daniel Silva e a Dandara Santos Rodrigues, geólogos formados na UFRJ que me ajudaram a desvendar o ArcGis e o Word. Agradeço também aos membros da AMILA em geral, que cederam informações e apoio para a confecção deste trabalho. A Giulia Cezini que me incentivou muito e me inspirou a continuar seguindo em frente com o trabalho. Por último, mas não em menor grau, gostaria de agradecer a Clara Pitanga, minha companheira que sempre esteve ao meu lado nesse processo todo.

Resumo

ARNT, Pedro. **Balanço hídrico da região da Lagoa de Jacarepiá, Saquarema (RJ): uma contribuição à hidrogeologia local.** 2020. 74p. Trabalho Final de Curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

A lagoa de Jacarepiá localiza-se na Região dos Lagos, no município de Saquarema, estado do Rio de Janeiro. Trata-se de uma Lagoa que se diferencia das demais em sua região pelo fato da sua água ser doce, enquanto as outras possuem salinidade que varia de moderada a alta. Esta condição permite a existência de uma fauna e flora diferenciada neste ambiente, o que a torna um ecossistema especial e valioso. O nível de água desta lagoa está diminuindo significativamente no decorrer dos últimos 10 anos. A Lagoa vem sofrendo com o aumento da ocupação ao seu redor, emissão direta de esgoto, queimadas e desmatamento. O presente trabalho objetiva entender melhor como se comporta este sistema hídrico e, desta maneira, fundamentar uma estratégia para impedir a degradação gradual deste ambiente e enaltecê-lo a fim de garantir que sua peculiaridade seja reconhecida e respeitada. Este trabalho consiste na análise dos dados obtidos em campo e outras fontes cabíveis. Os dados foram organizados para a aplicação do método de Thornthwaite, que quantifica a evapotranspiração potencial em um sistema hídrico a partir do processamento de dados climáticos e, posteriormente, a estimativa de variação do nível d'água na lagoa de Jacarepiá a partir do excedente hídrico calculado. O balanço hídrico realizado nesta obra nos mostra que na maioria dos anos do intervalo estudado não houve excedente de água e em outros o excedente é relativamente baixo. A maior parcela de perda de água é consequência da evaporação e da evapotranspiração e o nível de água da Lagoa de Jacarepiá está diretamente associado a pluviosidade, sendo necessárias medidas para evitar seu desaparecimento.

Palavras-chave: Lagoa de Jacarepiá, Região dos Lagos Fluminense, método de Thornthwaite, balanço hídrico.

Abstract

ARNT, Pedro. **Preparation of the water balance for the region of Lagoa de Jacarepiá, Saquarema (RJ): a contribution to local hydrogeology.** 2020. 72 p. Trabalho Final de Curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

The Jacarepiá Lagoon is located in the Região dos Lagos, in the municipality of Saquarema, State of Rio de Janeiro. It differs from the other lagoons in the region due to the fact its water is fresh, while the surrounding water bodies have a moderate to high salinity. This condition allows the existence of a differentiated fauna and flora in this environment, which makes it a special and valuable ecosystem. The water level in this lagoon has been decreasing significantly over the past 10 years. The Lagoon has been suffering from the increase in occupation around it, direct emission of sewage, fires and deforestation. The present work aims to better understand how this water system behaves and, thus, to base a strategy to prevent the gradual degradation of this environment and to evidence it in order to ensure that its peculiarity is recognized and respected. This work consists of analyzing the data obtained in the field and the applicable sources. The data were organized for the application of the Thornthwaite method, which quantifies the potential evapotranspiration in a water system from the processing of climatic data and, subsequently, estimates the water level variation in the Jacarepiá lagoon from the calculated water surplus. The water balance carried out in this work shows us that, in many years of the studied interval, there was no surplus of water; in other years, the surplus is relatively low. The largest portion of water loss is a consequence of evaporation and evapotranspiration and the water level of the Jacarepiá Lagoon is directly associated with rainfall, and measures are needed to prevent its disappearance.

Keywords: Jacarepiá Lagoon, Fluminense Lakes Region, Thornthwaite method, water balance.

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Tabela de medidas dos pontos de campo **Erro!** **Indicador**
não definido.

Tabela A-1 - Método de Thornthwaite 2011

Tabela A-2 - Método de Thornthwaite 2012

Tabela A-3 - Método de Thornthwaite 2013

Tabela A-4 - Método de Thornthwaite 2014

Tabela A-5 - Método de Thornthwaite 2015

Tabela A-6 - Método de Thornthwaite 2016

Tabela A-7 - Método de Thornthwaite 2017

Tabela A-8 - Método de Thornthwaite 2018

Sumário

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivo e finalidade	Erro! Indicador não definido.
1.1.1 Objetivo Geral	14
1.1.2 Objetivos Específicos	15
1.2 Justificativa do Trabalho	15
2 MATERIAL E MÉTODO	22
2.1 Equipamentos Utilizados em Campo	22
2.2 Gráfico fornecido pela AMILA	25
2.3 Gráficos e Tabelas fornecidos pelo site do Instituto Nacional de Meteorologia 27	
2.4 Metodologia de campo	27
2.4.1 Mapeamento das condições físico-químicas das amostras de água coletadas.....	27
2.4.2 Área de Drenagem	30
2.4.3 Balanço Hídrico – Método de Thornthwaite	30
2.4.4 Registro de imagens aéreas	32
2.4.5 Caracterização das Rochas	32
3 CONTEXTO TEÓRICO	32
3.1 Geologia Regional	32
3.2 Geologia Local.....	37
3.2.1 Origem dos sistemas lagunares.....	38
3.2.2 Condições particulares de Jacarepiá	39
3.3 Clima e Pluviosidade	43
3.4 Processos de Salinização e Hipersalinização	44
3.5 Balanço Hídrico Climatológico e Método de Thornthwaite	45
4 DISCUSSÃO E RESULTADOS.....	46
4.1 Gráfico digitalizado	Erro! Indicador não definido.
4.2 Tabela de Campo	Erro! Indicador não definido.
4.3 Mapas com as medidas coletadas em campo	50
4.4 Pluviosidade	54
4.5 Balanço Hídrico	54
4.6 Área de drenagem.....	Erro! Indicador não definido.
5 CONCLUSÃO	63
6 BIBLIOGRAFIA	65
Apêndice A – Tabelas usadas para a aplicação do método de Thornthwaite.....	71

Índice de Figuras

Figura 1 - Lagoa de Jacarepiá (imagem aérea feita com drone).	12
Figura 2 - Vegetação abundante na margem da Lagoa.	16
Figura 3 - Vegetação de restinga bem variada.....	Erro! Indicador não definido.
Figura 4 - Brejo típico do entorno da Lagoa de Jacarepiá com vegetação de restinga ao seu redor.	18
Figura 5 – Emissão direta de esgoto na Lagoa	Erro! Indicador não definido.
Figura 6 – Despejo de lixo no entorno da Lagoa	20
Figura 7 – Localização da lagoa de Jacarepiá no município de Saquarema.....	Erro! Indicador não definido.
Figura 8 – Distância entre a Lagoa de Jacarepiá e a Lagoa Vermelha representada pelo Google Earth.....	22
Figura 9 – Distância entre a Lagoa de Jacarepiá e a Lagoa Vermelha representada pelo Google Earth.....	23
Figura 10 – Medidor de ORP Hanna HI98201 (branco) e Medidor de PH Hanna pHep Tester (vermelho).	24
Figura 11 – Medindo o PH e o ORP de uma amostra de água da lagoa de Jacarepiá.	24
Figura 12 – Miguel e Nathan, moradores do entorno da Lagoa.	25
Figura 13 – Gráfico com as medições do nível de água da lagoa desde 12/12/2010 até 01/10/2019 feitas pela AMILA.....	26
Figura 14 – Régua utilizada para medir o nível da Lagoa de Jacarepiá.....	27
Figura 15 – Coletando uma amostra de água do brejo ao redor da Lagoa de Jacarepiá.....	28
Figura 17 – Coletando amostra de água para medidas físico-químicas.....	29
Figura 18 – Subdivisão do Sistema Orogênico Mantiqueira: o segmento setentrional é o Orógeno Araçuaí; o segmento central inclui a porção sul do Orógeno Brasília e os orógenos Ribeira e Apiaí; e o segmento meridional inclui os orógenos Dom Feliciano e São Gabriel. As cores roxo e laranja indicam os terrenos que alojam os arcos magmáticos neoproterozóicos.....	33
O Mapa da figura 19 a seguir nos permite observar onde estão concentrados os empurrões e os dobramentos.....	Erro! Indicador não definido.
Figura 19 – Mapa tectônico do setor central da Faixa Ribeira e do setor meridional da Faixa Brasília (Heilbron et al. 2004).....	33
Figura 20 – Compartimentação tectônica da borda sul do Cráton do São Francisco (Heilbron et al., 2000). Em destaque área do terreno Cabo Frio.....	35

Figura 21 – Mapa Geológico da região da Lagoa de Jacarepiá modificado de Leite et al. (2004).	36
Figura 22 – Seção transversal esquemática representando os dois conjuntos de lagoas formadas no Quaternário pelas oscilações relativas do nível do mar. (Fieschi, 2014).	39
Figura 23 - Corte feito com máquina exibindo uma sessão do ortognaisse Região dos Lagos cortado por dique.	40
Figura 25 - Embasamento gnáissico no entorno da lagoa de Jacarepiá.	41
Figura 26 - Afloramento da Formação Barreiras no entorno da Lagoa.. Erro! Indicador não definido.	
Figura 29 - Gráfico feito no Excel com os níveis de água da lagoa de Jacarepiá desde 12/12/2010 até 01/10/2019.....	48
Figura 30 - Mapa com os valores de condutividade elétrica das amostras de água coletadas nos pontos analisados em campo.	50
Figura 31 - Mapa com as concentrações de NaCl das amostras de água coletadas nos pontos analisados em campo. A unidade das medidas é mg/L.	51
Figura 32 - Mapa com os potenciais de oxirredução das amostras de água coletadas nos pontos analisados em campo. Todos os valores são positivos, em mV.	52
Figura 33 - Mapa com os potenciais hidrogeniônicos das amostras de água coletadas nos pontos analisados em campo.	52
Figura 34 - Mapa com as temperaturas das amostras de água coletadas nos pontos analisados em campo.....	53
Figura 35 - Mapa com os totais de sólidos dissolvidos nas amostras de água coletadas nos pontos analisados em campo. Este dado está representado em mg/L.	53
Figura 36 - Gráfico da Pluviosidade na lagoa de Jacarepiá feita com o Excel.	54
Figura 37 - Balanço Hidrometeorológico de 2011	56
Figura 38 - Balanço Hidrometeorológico de 2012.	56
Figura 39 - Balanço Hidrometeorológico de 2013.	57
Figura 40 - Balanço Hidrometeorológico de 2014.	57
Figura 41 - Balanço Hidrometeorológico de 2015.	58
Figura 42 - Balanço Hidrometeorológico de 2016.	58
Figura 43 - Balanço Hidrometeorológico de 2017.	59
Figura 44 - Balanço Hidrometeorológico de 2018.	59
Com a execução do método de Thornthwaite aplicado no programa Microsoft Excel obteve-se a variação contínua e absoluta do nível da Lagoa de Jacarepiá.	60
Figura 45 - Variação absoluta do Nível da Lagoa pelo Balanço Hídrico.....	60
Figura 46 - Variação contínua do Nível da Lagoa pelo Balanço Hídrico	60

- Figura 47 - Comparação da Variação contínua do Nível do Lago pelo Balanço Hídrico e as medições do engenheiro da AMILA como gráfico de Pluviosidade61
- Figura 48 - Comparação entre a Variação absoluta do Nível do Lago pelo Balanço Hídrico e as medições do engenheiro da AMILA com o gráfico de Pluviosidade62
- Figura 49 – Área de Drenagem da Lagoa de Jacarepiá. **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 50 – Modelo Digital de elevação da Região da Lagoa de Jacarepiá. **Erro! Indicador não definido.**

1. INTRODUÇÃO

A lagoa de Jacarepiá faz parte da porção do estado do Rio de Janeiro conhecida como Região dos Lagos, que tem como característica a existência de diversas lagoas e lagunas entremeadas a cordões arenosos, restingas e costões rochosos.



Figura 1 – Localização da Lagoa de Jacarepiá

O termo Jacarepiá significa na língua Tupi-Guarani, 'amontoados de jacarés' (*Tibiriçá 1985*), em referência à presença do jacaré-de-papo-amarelo (*Caiman lastirostris Daudin, 1802*), antes muito frequente nesse lugar (Figura 1).



Figura 1 - Lagoa de Jacarepiá (imagem aérea feita com drone).

Existe uma diferença básica entre laguna e lagoa. Uma laguna é um corpo hídrico que apresenta algum tipo de ligação com a água do mar, um corpo de água salgada ou salobra de origem marinha que se encontra separado do mar por breves formações rochosas, barreiras de areia ou por recifes. A ligação entre a laguna e o mar é geralmente feita por um canal. Já a lagoa não possui ligação com o mar, podendo ter água doce. As lagoas são geralmente menores que os lagos, porém ambos possuem água doce. Em Geologia, por exemplo, segundo alguns autores, os lagos são necessariamente maiores do que 0,1 km², não havendo uma definição específica para o que é, exatamente, uma lagoa (*RICCOMINI, 2000*). Em alguns casos, afirma-se que lagoa é, simplesmente, uma expressão popular para lago pequeno (*PEIXOTO, 2002*). As lagoas geralmente apresentam profundidade relativamente rasa, com no máximo 4 metros de coluna d'água (*KJERFVE, 1994*).

A costa sedimentar do Rio de Janeiro é constituída por depósitos fluviais, marinhos, eólicos e lagunares que estão relacionados com às variações do nível do mar que ocorreram durante o Holoceno (Turcq, 1999). Estudos identificaram antigas posições de linha de praia referentes à última transgressão holocênica no litoral do Estado do Rio de Janeiro. O máximo transgressivo ocorreu por volta de 4590 - 5100 anos cal A.P. (Castro & Suguio, 2010). O nível marinho encontrava-se a 3,0 m acima do atual resultando na formação de uma grande paleolaguna (Dias, 2009). Nessa região, sistemas de ilhas barreiras e cordões litorâneos se estabeleceram frontalmente a esse corpo aquoso, gerando processos de dessecação e colmatação. À medida que o nível do mar foi baixando, o ambiente lagunar foi se transformando em áreas de brejos e pântanos (Lamego, 1946; Martin et al., 1997; Castro et al., 2009).

A lagoa de Jacarepiá é um exemplo de sistema lacustre costeiro que foi formado há cerca de 10 mil anos atrás pela ascensão pretérita do nível do mar e posterior regressão (KJERFVE, 1994). Este processo contribuiu para a formação de uma cavidade na área da lagoa. Devido a sua situação geomorfológica, a lagoa passou a captar grande quantidade de água pluvial que foi sendo armazenada no seu interior, tornando-se uma lagoa de água doce. Esta lagoa só existe devido a uma junção de fatores bem específicos que culminaram no sistema hídrico de Jacarepiá. Isto a torna especial no contexto de sua área de ocorrência, com abundantes lagunas e lagos salinos ou hipersalinos.

A Lagoa de Jacarepiá está inserida na Reserva da Biosfera, criada em 10/10/1992 pela UNESCO. Antes da criação desta reserva, a lagoa já fazia parte da Reserva Ecológica Estadual de Jacarepiá. Esta foi criada pelo Decreto Estadual nº 9.529-A, de 15/12/1986, abrangendo uma área de 1267 ha. Esta reserva tinha a finalidade de diminuir o desmatamento da vegetação de restinga, afim de garantir a sobrevivência das espécies ameaçadas em extinção deste local. O governo estadual deveria ter desapropriado os moradores da região até 1991, mas isso não foi feito. Desta forma, ocorreu uma expansão imobiliária progressiva na região. O aumento da ocupação desordenada nos entornos da Lagoa faz com que a emissão de poluentes nos lençóis freáticos aumente, contribuindo para a degradação do meio ambiente local.

1.1 Objetivo Geral

Este trabalho visa estudar a lagoa de Jacarepiá de forma a entender os motivos da baixa salinidade desse corpo hídrico, se comparado com as demais lagoas e

lagunas da região, por meio de elaboração do balanço hídrico para a região e outras observações feitas em campo.

1.2 Objetivos Específicos

- Elaborar um balanço hídrico do sistema da Lagoa de Jacarepiá através da aplicação do método de Thothwaite para a bacia de captação e estimativas de evaporação da lagoa, visando ampliar o conhecimento sobre como se comporta esta Lagoa.
- Identificar características físico-químicas da água da lagoa de Jacarepiá e dos diversos corpos d'água circundantes;
- Auxiliar na gestão ambiental da lagoa de Jacarepiá pela incorporação de informações hidrológicas, geológicas e hidrogeológicas.

1.3 Justificativa do Trabalho

É de suma importância que a população do entorno da lagoa de Jacarepiá tome consciência da sua relevância como um ambiente de alto valor geoambiental. A preservação do ecossistema da lagoa pode possibilitar a implementação de atividades de cunho geoturístico com impacto econômico positivo para a população local caracterizando, desta forma, uma saída sustentável para os impasses socioeconômicos regionais.

A lagoa de Jacarepiá está, segundo indicam dados de monitoramento, diminuindo de nível significativamente nos últimos anos. Este trabalho busca, portanto, entender melhor este sistema hídrico, sua dinâmica e fatores condicionantes do comportamento hidrológico, a fim de subsidiar sua preservação.

É importante ressaltar que a lagoa está inserida na Unidade de Proteção Integral da Massambaba e abriga uma fauna e flora bem diversificada. Na época das chuvas,

a inundação irriga os brejos ao seu redor, sustentando um rico e delicado ecossistema. Posicionada entre a Lagoa e o mar existe uma vegetação de restinga encorpada com árvores de até 20 m de altura com troncos de grosso calibre e galhos com epífitas, remanescentes de uma época passada, quando os grandes trechos de restinga eram revestidos por uma densa floresta, em muitos pontos interligados à Mata Atlântica (Figura 2). Estes formam corredores por onde se cumpria o ciclo vital e evolutivo da migração das espécies da fauna regional, sendo algumas endêmicas, como o mico-leão-dourado.



Figura 2 - Vegetação abundante na margem da Lagoa.

Ana Angélica Monteiro de Barros (2009) afirma em um relatório da FEEMA que a vegetação de restinga ao redor da Lagoa de Jacarepiá é a mais preservada do estado do Rio de Janeiro e possui uma variedade notável de espécies. (Figura 3)



Figura 3 - Vegetação de restinga bem variada

Muitas espécies encontradas nesta vegetação já não estão mais presentes nas demais restingas do estado, o que a torna ainda mais especial, diante do panorama geral. Segundo uma publicação feita no Portal de Saquarema (<https://portalsaquarema.webnode.com.br/reserva-ecologica-estadual-de-jacarepia-reej/>), temos como exemplo espécies como o mico-leão dourado, guaxinins, lontras, cobras d'água e jacarés de papo amarelo. Inúmeras espécies de aves, tais como: o Pica-Pau dourado, a coruja buraqueira, a batuíra, o gavião da restinga, o sabiá da praia, o quero-quero, o anu branco, o maçarico, garças, socós e outros encontrados em brejais. A lagoa abriga diversos peixes como acará, traíra, piaba, e outros, além de inúmeros alevinos, girinos, sapos, rãs. Sobre a flora podemos citar o maracujá da restinga e muitas espécies de bromeliáceas.



Figura 4 - Brejo típico do entorno da Lagoa de Jacarepiá com vegetação de restinga ao seu redor.

A lagoa perdeu parte do seu espelho d'água principalmente por ações que visavam a implantação do loteamento de Vilatur, empreendimento imobiliário levado a cabo no entorno da lagoa, além de ainda ser, atualmente, alvo de desmatamento, extração irregular de areia das áreas limítrofes, destruição, assoreamento dos mananciais e queimadas para viabilização de pastos e construções irregulares. Existem relatos de membros da AMILA (Amigos da Lagoa de Jacarepiá) que denunciam queimadas recorrentes ao redor da Lagoa. Estes relatos constam na página do Jornal de Saquarema "O Saquá" (<http://www.osaqua.com.br/2015/09/22/o-abraco-a-lagoa-de-jacarepia/>). Um outro problema grave que ainda ocorre atualmente é o despejo de esgoto diretamente na Lagoa, como pode-se ver na Figura 5.



Figura 5 – Emissão direta de esgoto na Lagoa

Ao redor da lagoa observou-se lugares com despejo de lixo a céu aberto (Figura 6). Esta atividade pode contaminar o solo e conseqüentemente a Lagoa.



Figura 6 – Despejo de lixo no entorno da Lagoa

A legislação estadual e federal proíbe lançamentos de resíduos de esgotos em Reservas Ecológicas como Jacarepiá, o que com certeza ameaça várias espécies endêmicas da região que dependem desse habitat. Atualmente existem iniciativas favoráveis à preservação da Lagoa como, por exemplo, plantios de mudas de árvores nativas que vêm ocorrendo com uma certa frequência recentemente na região. Esta iniciativa foi organizada pelo grupo “Amigos da lagoa de Jacarepiá”. É importante que práticas como esta tenham incentivos da prefeitura e demais órgãos competentes.

O centro da Lagoa de Jacarepiá está localizado nas coordenadas 22°54'51" S e 42°25'39" W (Figura 7). Situada 4 km a leste do centro de Saquarema e 107 km a leste do Rio de Janeiro, esta lagoa fica localizada mais especificamente em Vilatur, no Parque Estadual da Costa do Sol.



Figura 7 – Localização da lagoa de Jacarepiá no município de Saquarema.

A Lagoa de Jacarepiá faz parte da Restinga de Ipitangas. Em 1987 a área da Restinga de Ipitangas foi proposta como Reserva Ecológica Estadual de Jacarepiá (Decr. Est. n2 9295-A), parte integrante da Área de Proteção Ambiental da Massambaba (APA Massambaba) criada no mesmo ano (Decr. Est. n2 9529-C), que compreende áreas de restinga e outros ambientes dos municípios de Saquarema, Araruama e Arraial do Cabo.

Jacarepiá encontra-se entre a sede municipal de Saquarema e a Lagoa Vermelha, na divisa com o município de Araruama. A Praia de Vilatur fica a S-SE da Lagoa. A Restinga de Ipitangas fica entre o sistema Lagunar de Saquarema e a Laguna de Araruama, onde existe um sistema de planícies arenosas com vegetações de restinga. As restingas fluminenses foram divididas em quatro regiões (Araujo, 2000). A faixa arenosa externa mede em torno de 170 metros de largura e é 2 metros mais baixa que a faixa interna, que apresenta uma face íngreme no lado voltado para o interior das faixas (Barros, 2009).

A lagoa de Jacarepiá possui água doce e é rodeada por lagoas e lagunas de água salobra ou até hipersalina, como no caso da Lagoa Vermelha que está distante

em linha reta cerca de 2400 metros na direção NW-SE e apresenta água hipersalina (Figura8)



Figura 8 – Distância entre a Lagoa de Jacarepiá e a Lagoa Vermelha representada pelo Google Earth

2 MATERIAL E MÉTODO

Os materiais necessários para a realização deste trabalho foram: os equipamentos utilizados em campo descritos adiante, os dados fornecidos pela AMILA (Associação de Moradores da Lagoa de Jacarepiá), os gráficos e tabelas fornecidos pelo site do Instituto Nacional de Meteorologia (<https://portal.inmet.gov.br/>) e a bibliografia consultada. Estes matérias são discutidos a seguir.

2.1 Equipamentos Utilizados em Campo

Foi utilizado o GPS GARMIN ETrex 30x para obter as coordenadas dos pontos analisados (Figura 9).



Figura 9 – Distância entre a Lagoa de Jacarepiá e a Lagoa Vermelha representada pelo Google Earth

Os demais equipamentos listados a seguir foram utilizados em campo com o intuito de obter informações físico-químicas das amostras de água coletadas na Lagoa de Jacarepiá e na região circundante (Figuras 10 e 11).

-Medidor de Condutividade Elétrica Hanna HI98360

-Medidor de pH Hanna pHep Tester

-Medidor de Potencial de Oxirredução Hanna HI98201

-Água destilada - para lavar os equipamentos e os armazenadores de água a fim de diminuir o erro das medidas coletadas



Figura 10 – Medidor de ORP Hanna HI98201 (branco) e Medidor de PH Hanna pHep Tester (vermelho).



Figura 11 – Medindo o PH e o ORP de uma amostra de água da lagoa de Jacarepiá.

As rochas aflorantes nesta região também foram observadas e descritas em campo. Para a amostragem de rochas foi utilizado um **martelo geológico**. Uma **Bússola de Geólogo** também foi utilizada para medir as estruturas presentes nos afloramentos.

Para registrar as imagens foi utilizada a **câmara de celular** da marca Apple. Um **Drone Mavick Pro** (Figura 12) foi utilizado para captar as imagens aéreas da lagoa, que

foram posteriormente editadas para a confecção de um vídeo que mostra as proporções e a beleza natural deste ecossistema único que é Jacarepiá.



Figura 12 – Drone Mavick Pro Pronto para decolagem

2.2 Gráfico fornecido pela AMILA

As medições de nível d'água da lagoa no período de 12/12/2010 até 01/10/2019 foram gentilmente cedidas pelo Diretor da AMILA (Associação de Moradores da lagoa de Jacarepiá), Engenheiro José Arena (Figura 13).

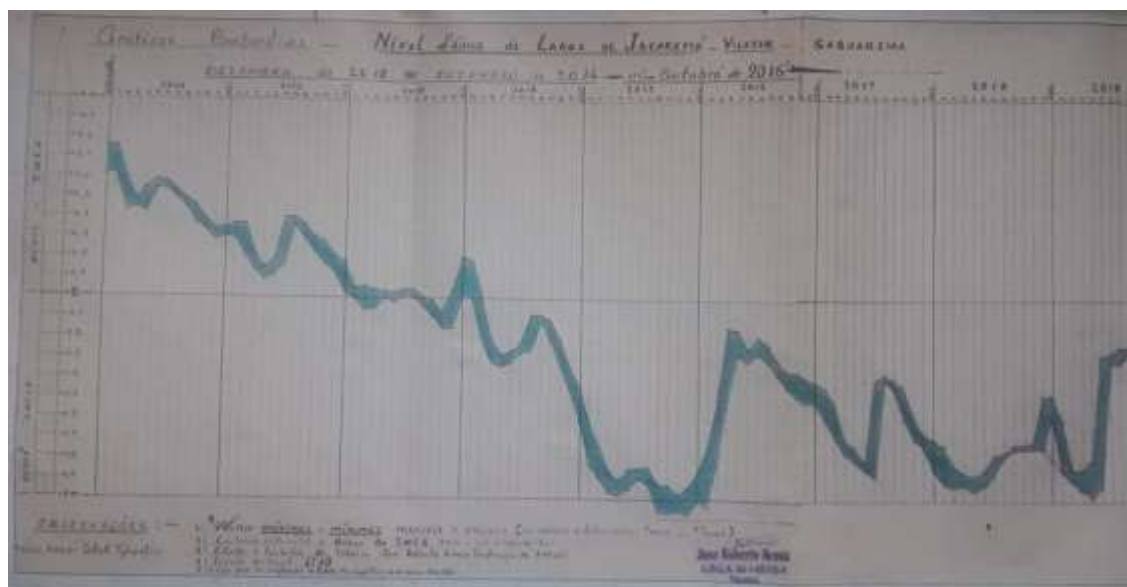


Figura 13 – Gráfico com as medições do nível de água da lagoa desde 12/12/2010 até 01/10/2019 feitas pela AMILA.

As medições foram realizadas com o auxílio de uma régua com marcações que indica o nível da coluna de água da Lagoa. Esta régua milimétrica (Figura 14) instalada pelo INEA fica localizada próximo à sede da AMILA na beira da lagoa de Jacarepiá.



Figura 14 – Régua utilizada para medir o nível da Lagoa de Jacarepiá.

As medidas obtidas foram passadas manualmente para uma tabela no Excel e usadas para gerar um gráfico digitalizado que será discutido posteriormente neste trabalho.

2.3 Dados do Instituto Nacional de Meteorologia

Os dados diários da estação meteorológica de Iguaba Grande obtidos no site do Instituto Nacional de Meteorologia (<https://portal.inmet.gov.br/>) foram dispostos em uma tabela no Excel para, futuramente, ser aplicado o método de Thornthwaite.

2.4 Metodologia de campo

2.4.1 Mapeamento das condições físico-químicas das amostras de água coletadas

O método utilizado para gerar os mapas com as medidas físico-químicas consistiu em coletar amostras de água com um recipiente e efetuar as medições com os equipamentos citados anteriormente. Esta coleta de amostras está registrada nas figuras 15 e 16 a seguir.



Figura 15 – Procedimento de coleta de uma amostra de água de um brejo ao redor da Lagoa de Jacarepiá.



Figura 16 – Coletando amostra de água para medidas físico-químicas em remanescente da lagoa.

O nível de água da Lagoa variou consideravelmente ao longo do tempo. Nos meses finais de 2020, ele estava mais baixo do que o seu valor médio normal para essa época. Existem alguns locais de alagamento como o da figura 17 a seguir que não estão mais conectados com o corpo principal da Lagoa, mas já estiveram unificados a ela em um período anterior de nível de água maior.



Figura 17 – Coletando amostra de água para medidas físico-químicas.

Posteriormente, os dados obtidos em campo foram organizados e inseridos em uma tabela no Excel para serem criados os mapas com o auxílio do ArcGis, atribuindo-se uma intensidade de cor proporcional à cada medida físico-química coletada. Desta maneira foi feito um mapa para cada medição. Assim, podemos observar as peculiaridades da lagoa de Jacarepiá.

2.4.2 Área de Drenagem

Utilizando-se dos mapas presentes no acervo do programa ‘Terra Incógnita’, foi gerado um mapa da região da Lagoa de Jacarepiá. O modelo digital de elevação “2747-3-SO desta área foi obtido através do site do IBGE (<https://www.ibge.gov.br/geociencias/modelos-digitais-de-superficie/modelos-digitais-de-superficie/10856-mde-modelo-digital-de-elevacao.html?=&t=downloads>).

A área de drenagem deste sistema hídrico e a área da Lagoa foram calculadas com o auxílio do programa ArcGis, utilizando a Arctool Box com as ferramentas de análise espacial, especificamente a Hydrology. Primeiramente foi utilizada a ferramenta “fill” para preencher as imperfeições do MDE (modelo digital de elevação) e posteriormente foi utilizada a ferramenta “flow direction” para determinar as direções preferenciais de fluxo da água. Tendo esses dados em mãos, foi utilizada a ferramenta “basin” para delimitar as bacias (áreas de drenagem). Feito isso, o resultado obtido não foi satisfatório devido ao baixo nível de detalhamento do modelo digital de elevação obtido no site do IBGE. A solução para calcular a área aproximada da bacia de drenagem foi fazer um shapefile utilizando a técnica de vetorização, respeitando as variações visíveis do relevo no modelo digital de elevação. O resultado foi melhor do que o anterior.

2.4.3 Balanço Hídrico – Método de Thornthwaite

A Classificação Climática de Thornthwaite é um tipo de classificação climática criado por Charles Warren Thornthwaite (*THORNTHWAITE & MATHER, 1955*) (Bay City, Michigan, 7 de março de 1899 — 11 de junho de 1963), professor de climatologia da universidade de Michigan. Neste sistema de classificação, a evapotranspiração potencial e precipitação da área em questão são os fatores mais importantes a serem considerados. O método de Thornthwaite consiste em um conjunto

de equações baseadas no balanço hídrico de bacias hidrográficas e em medidas de evapotranspiração realizadas em lisímetros (tanque inserido no solo, cheio do mesmo solo do local e com vegetação), utilizando a temperatura do ar como variável independente.

Para se aplicar este método, é necessário organizar os seguintes dados em uma tabela: temperatura medida em graus Celcius (°C), número de horas de sol, pluviosidade e número de dias analisados em cada mês. Os dados foram processados afim de se obter uma média mensal para cada medida, já que estes dados são disponibilizados no site de forma diária. O link do site é (<https://portal.inmet.gov.br/>).

Este método permite estimar a evapotranspiração, a evaporação (realizada a parte) e o excedente de água no sistema hídrico analisado.

Primeiramente se calcula o índice de calor anual I:

$$I = \sum i \text{ onde } i = \left(\frac{T}{5}\right)^{1,514} \text{ e } T = \frac{T'}{d} \text{ sendo } T' \text{ a soma das temperaturas diárias em}$$

um mês e d , o número de dias deste mês. Em seguida, o expoente a que é calculado da seguinte forma:

$$a = 675 \times 10^{-9} \times I^3 - 771 \times 10^{-7} \times I^2 + 1972 \times 10^{-5} \times I + 0,49239. \quad A$$

Evapotranspiração Potencial ETP é calculada da seguinte forma: $ETP = k \times \varepsilon$ onde $k =$

$\frac{N}{12} \times \frac{d}{30} \times d$, sendo N a média mensal das horas de Sol e d , o número de dias do mês.

Já o $\varepsilon = 16 \times \left(\frac{10T}{I}\right)^a$. Com a ETP calculada obtemos a ETR a partir da correção feita na tabela.

Com o método de Thornthwaite aplicado obteve-se todas as informações de entrada e saída de água do sistema hídrico da Lagoa de Jacarepiá. Com isso foi possível gerar os gráficos das variações contínua e absoluta do nível de água da Lagoa.

2.4.4 Registro de imagens aéreas

Drone é um equipamento utilizado para filmagens aéreas, sustentado por quatro hélices que trabalham em conjunto fazendo com que uma câmera possa ser controlada remotamente pelo espaço. Um drone da marca Mavick Pro Mini foi utilizado para filmagens aéreas de alta resolução da Lagoa de Jacarepiá e seus arredores.

2.4.5 Caracterização das Rochas

Os afloramentos rochosos ao redor da Lagoa de Jacarepiá foram amostrados, fotografados, descritos e classificados.

3 CONTEXTO AMBIENTAL

3.1 Geologia Regional

A Lagoa de Jacarepiá está localizada em uma área que faz parte de uma faixa móvel chamada Faixa Ribeira. Esta Faixa se estende por 1400 km ao longo da costa leste do Brasil, começando no sul do estado da Bahia e terminando no Paraná. Esta faixa faz fronteira com a borda sul/sudeste do Cráton São Francisco. Nesta fronteira se encontra um complexo sistema de dobramentos e empurrões que ocorreram desde o Neoproterozoico ao Paleozoico (Brito Neves & Cordani, 1991; Trouw et al., 2000).

A Faixa Ribeira está inserida na Província Mantiqueira, limitando-se ao norte pela Faixa Araçuai, a W-NW pela porção meridional do Cráton do São Francisco e a SW pela Faixa Brasília Sul (Figura 18) (Heilbron et al., 2004). O Mapa da Figura 19 a seguir nos permite observar onde estão concentrados os empurrões e os dobramentos.

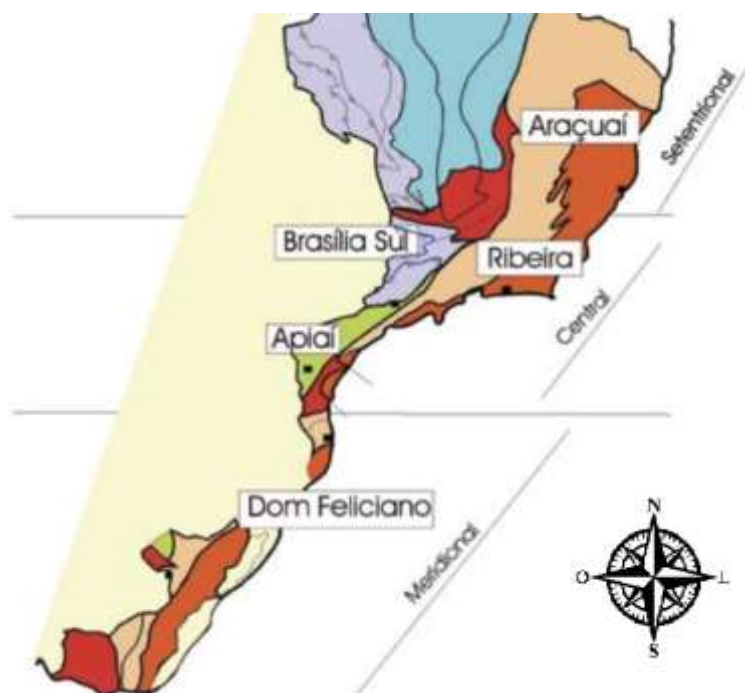


Figura 18 – Subdivisão do Sistema Orogênico Mantiqueira: o segmento setentrional é o Orógeno Araçuaí; o segmento central inclui a porção sul do Orógeno Brasília e os orógenos Ribeira e Apiaí; e o segmento meridional inclui os orógenos Dom Feliciano e São Gabriel. As cores roxo e laranja indicam os terrenos que alojam os arcos magmáticos neoproterozóicos.

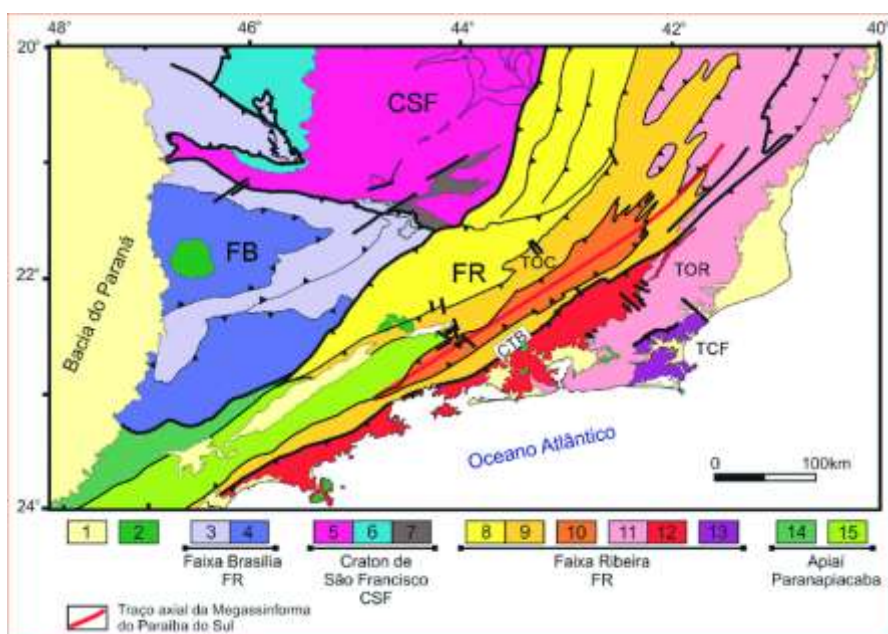


Figura 19 – Mapa tectônico do setor central da Faixa Ribeira e do setor meridional da Faixa Brasília (Heilbron et al. 2004).

Na figura 19 foram apresentados: 1-Riftes e coberturas cenozoicos; 2-Rochas alcalinas do Cretáceo e Paleógeno; 3-Nappes inferiores; 4-Nappes superiores; 5-Embasamento do CSF e Domínio Autóctone; 6-Supergrupo São Francisco; 7-Metassedimentos do Domínio Autóctone; 8-Domínio Andrelândia; 9-Domínio Juiz de Fora; 10-Klippe Paraíba do Sul; 11-Terreno Oriental; 12-Granitoides do Arco Magmático Rio Negro; 13-Terreno Cabo Frio; 14-Terrenos São Roque e Açungui; 15-Terreno Embu.

A Faixa Ribeira foi subdividida por Heilbron et al. (2004) e Trouw et al. (2000) em quatro terrenos tectono-estratigráficos: Ocidental, Oriental, Paraíba do Sul/Embú e Cabo Frio. Estes terrenos estão imbricados para NW/W em direção ao Cráton São Francisco. Eles foram colados em prestações. Primeiramente vieram os três primeiros terrenos, Ocidental, Oriental, Paraíba do Sul/Embú, amalgamados entre 605 e 580 Ma (Machado et al., 1996; Heilbron & Machado, 2003). Posteriormente, durante o Cambriano, o terreno de Cabo Frio se juntou aos demais (Schmitt et al., 2004). Os limites destes quatro terrenos são marcados por descontinuidades estruturais.

Após o Ciclo Brasileiro, ou no final dele, uma deformação transcorrente subvertical atuou acompanhando os cavalgamentos ocorrentes neste período. (Hasui, 2012). Esta deformação transformou a Faixa Ribeira com um feixe de zonas de cisalhamento compondo o Sistema Transcorrente Paraíba do Sul. Na figura 20 está demarcado o Terreno Cabo Frio que foi o terreno que colidiu mais tardiamente dentro os quatro citados anteriormente. Sua colisão recebeu o nome de Orogenia Búzios (Schmitt et al., 2001) e teve como resultado a aparição de estruturas de baixo ângulo.

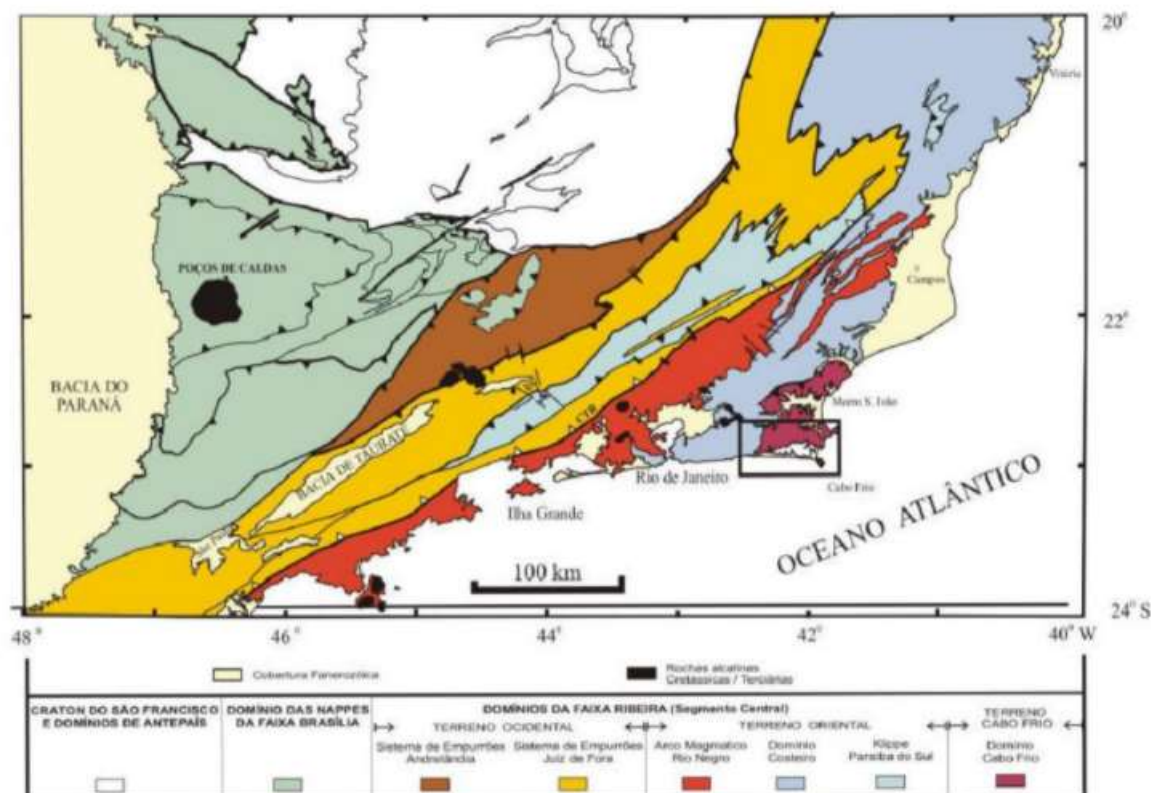


Figura 20 – Compartimentação tectônica da borda sul do Cráton do São Francisco (Heilbron et al., 2000). Em destaque área do terreno Cabo Frio.

A Lagoa de Jacarepiá foi inserida manualmente no mapa geológico abaixo (Figura 21) no qual é possível observar as rochas aflorantes na região onde se encontra este corpo hídrico.

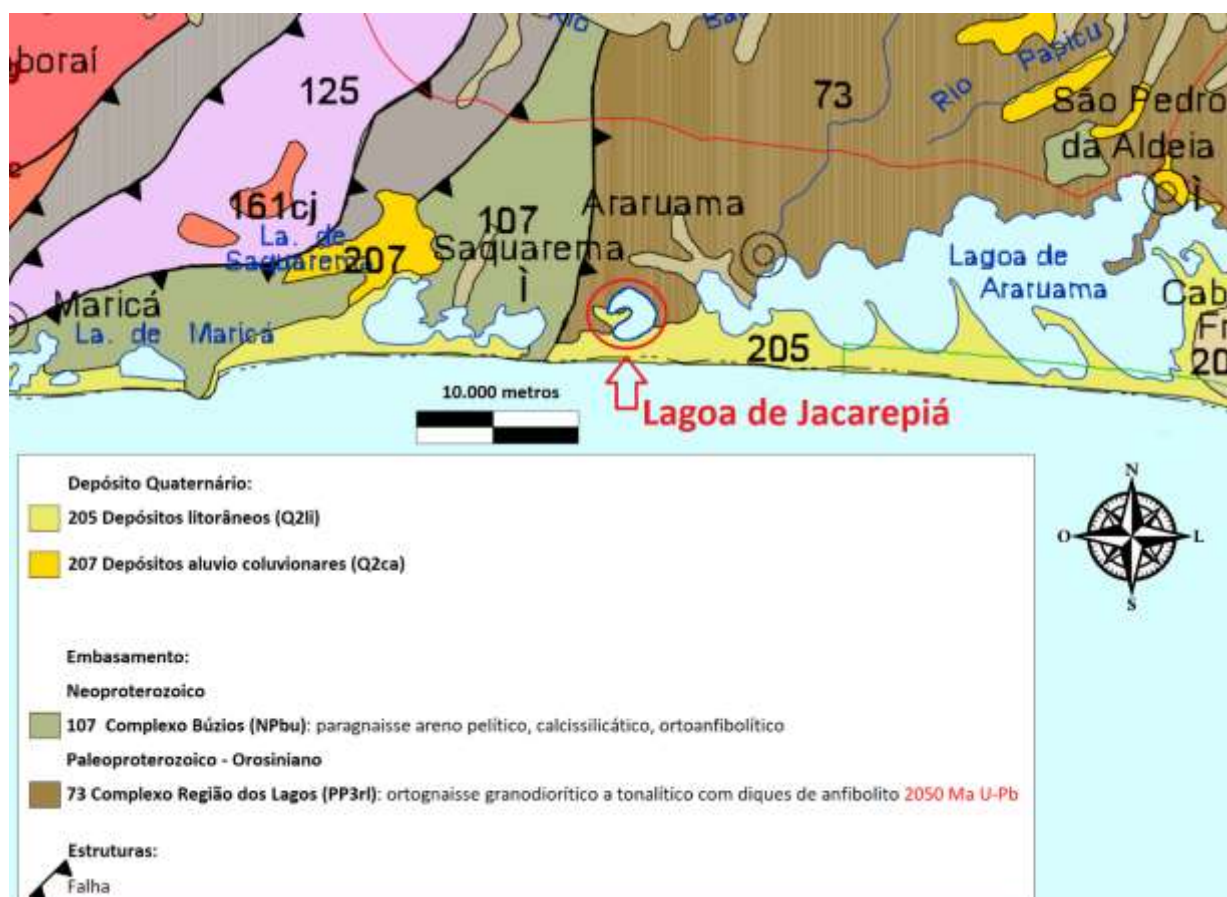


Figura 21 – Mapa Geológico da região da Lagoa de Jacarepiá modificado de Leite et al. (2004).

O Complexo Região dos Lagos (Fonseca, 1989) foi originalmente descrito como Unidade Região dos Lagos por Reis et al. (1980), tendo também recebido as designações de Sequência Inferior (Heilbron et al. 1982) e Unidade Gnáissico-Migmatítica (Fonseca e Silva, in Fonseca et al. 1984). É descrito na literatura como constituído por ortognaises bandados/migmatíticos, cinzentos, de composição tonalítica a granítica, com predominância de composições graníticas, associados à corpos anfibolíticos variavelmente deformados (Heilbron et al. 1982, Fonseca et al., 1984, Fonseca et al., 1998, Schmitt et al., 2004). A Unidade Região dos Lagos é morfologicamente arrasada, sendo constituída por uma planície litorânea quase toda

coberta por sedimentos marinhos quaternários. Conseqüentemente, os afloramentos rochosos são bem isolados (Viana et al. 2008).

Schmitt et al. (2004) descreve esta unidade principalmente pela presença de metagranitoides com metaquartzodiorito e corpos de metatonalito. Esta unidade pode ser dividida de acordo com o nível de deformação. O protólito ígneo pode ser facilmente identificado nos afloramentos com baixa deformação. Nas áreas onde a deformação é maior, observamos que os metagranitoides se tornaram gnaisses bandados com estruturas migmáticas.

Na região também ocorrem sedimentos da Formação Barreiras, cuja idade é estimada como sendo pliocênica ou miocênica. Ocorrem em Macaé, São Pedro da Aldeia, Cabo Frio, Armação dos Búzios e Maricá (Bezerra et al., 2006). Estes sedimentos, segundo Winter et al. (2007), foram depositados partir de processos trativos de alta energia relacionados a ambiente fluvial entrelaçado e de fluxos gravitacionais relacionados a leques aluviais.

Os sedimentos da Formação Barreiras foram analisados em micro e macro escala e posteriormente descritos por Morais (2001) e Morais et al. (2006). Foram interpretados como depósitos de ambientes de rios entrelaçados de alta energia associados a depósitos de fluxos gravitacionais. Mais especificamente na Região dos Lagos, as fácies exibem o registro de um ambiente fluvial de alta energia com cascalhos e depósitos de fluxos gravitacionais mais recorrentes (Morais, 2001; Morais et al., 2006).

3.2 Geologia Local

3.2.1 Origem dos sistemas lagunares

A geologia local se dá por um complexo de planícies arenosas, que apresentam terrenos inundados, vegetação típica de restinga e o sistema lagunar, com o substrato cristalino dos terrenos citados no item anterior subjacente a essas unidades.

Os ambientes sedimentares costeiros são fortemente controlados não só pelas variações de maré, energia das ondas e descargas fluviais, mas também pelas flutuações do nível do mar. Tais flutuações do nível relativo do mar, associadas a mudanças climáticas durante o Quaternário foram determinantes para a formação do sistema lagunar costeiro do Brasil.

A planície de Saquarema e Araruama está inserida nesse contexto do sistema lagunar. Tal sistema é formado por duas sequências de lagoas isoladas por dois cordões arenosos. Fazem parte do sistema de lagoas mais interno as lagoas de Jacarepaguá, Rodrigo de Freitas, Maricá, Araruama, etc.; já o mais externo pode ser representado pelas lagoas Marapendi, Vermelha, Pernambuco, Brejo do Espinho, etc. (TURCQ et al., 1999). As lagoas localizadas nas porções internas são maiores, enquanto as mais externas, menores. A Lagoa de Araruama é Pleistocênica e as demais são holocênicas. Há aproximadamente 8.500 anos cal A.P., o nível do mar, encontrava-se a - 0.5 m abaixo do nível atual. O “zero” (nível médio atual) foi ultrapassado pela primeira vez no Holoceno há cerca de 7.500 anos A.P. Entre 5.500 - 4.500 cal anos A.P, o nível relativo do mar atingiu o primeiro máximo holocênico com altura máxima de +2.50 m acima do atual. (Castro, Suguio, Seoane, Cunha e Dias 2014)

A partir da transgressão do Pleistoceno, o conjunto de ilhas barreiras se estabilizou, isolando a primeira sequência de lagoas costeiras. Com a posterior regressão normal que ocorre na transição do Pleistoceno para o Holoceno (Castro, 2009), o primeiro conjunto de lagoas começou a ser dessecado e a erosão passa a

atuar nos cordões arenosos. Durante o Holoceno, ocorre uma segunda transgressão que faz com que o mar avance em direção ao continente, recobrimdo todo o registro pleistocênico. Novas ilhas barreira são formadas em uma porção mais distal que as anteriores. Após a segunda regressão temos o registro de dois conjuntos de ilhas barreiras, que delimitam dois conjuntos de Lagoas (TURCQ et al., 1999). Estes dois conjuntos podem ser observados na Figura 22 a seguir:

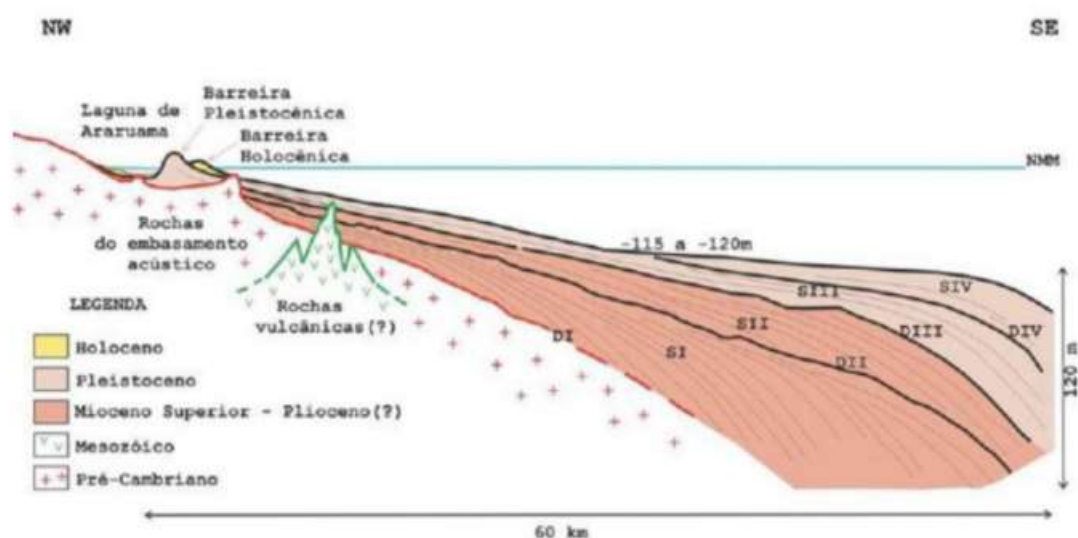


Figura 22 – Seção transversal esquemática representando os dois conjuntos de lagoas formadas no Quaternário pelas oscilações relativas do nível do mar. (Fieschi, 2014).

3.2.2 Condições particulares de Jacarepiá

Durante os trabalhos de campo foi possível observar diversos afloramentos ao redor da lagoa. Nota-se que a rocha que envolve o corpo lagunar é, em sua grande maioria, a mesma do embasamento, com predominância dos ortognaisses e ortoanfibolitos. A rocha possui foliação muito bem marcada e abriga, em alguns pontos, diques de diabásio como na Figura 23.



Figura 23 - Corte feito com máquina exibindo uma sessão do ortognaisse Região dos Lagos cortado por dique.

Na Figura 24 a seguir observa-se um ortoanfibolito bem marcado, seguindo a orientação da foliação metamórfica.



Figura 24 – Detalhe de um afloramento exibindo uma foliação metamórfica bem marcada.

A lagoa de Jacarepiá está rodeada por rochas do embasamento (Figura 25) essencialmente gnáissicas, que atuam favoravelmente à captação de água de origem pluvial pois possuem baixa permeabilidade. O embasamento é normalmente caracterizado por um relevo de topos arredondados e alto grau de dissecação.



Figura 25 - Embasamento gnáissico no entorno da lagoa de Jacarepiá.

3.23 Sedimentação

A lagoa de Jacarepiá faz parte de um conjunto de lagoas formado após a transgressão do mar no Pleistoceno. Este conjunto de Lagoas é limitado por um cordão arenoso que o divide de um conjunto de lagunas com sua origem proveniente de uma segunda transgressão marítima holocênica.

Foram identificados sedimentos que fazem parte da Formação Barreiras nos arredores da Lagoa (Figura 26). A Formação Barreiras geralmente apresenta um relevo de tabuleiros, com a presença de colinas suaves com topos planos e grau de dissecação entre médio e baixo. No Rio de Janeiro, a Formação Barreiras é encontrada de forma descontínua a partir da Região dos Lagos até a Região Norte Fluminense, onde apresenta maior expressão.



Figura 26 - Afloramento da Formação Barreiras no entorno da Lagoa.

Os depósitos quaternários na região costeira do sudeste do Brasil, segundo Martin et al. (1997), são formados por depósitos marinhos (em feições de terraços pleistocênicos e holocênicos), depósitos lagunares holocênicos e depósitos continentais holocênicos.

- Depósitos marinhos pleistocênicos: são constituídos por sedimentos arenosos brancos em superfície e castanhos em profundidade, com estratificação cruzada de baixo ângulo e estratificação do tipo espinha de peixe. Essa coloração mais escura se deve à impregnação por matéria orgânica. São encontrados tubos fossilizados da espécie *Callichirus*, artrópodes marinhos com habitat em zona de maré baixa, o que evidenciou a origem marinha rasa desses depósitos.

- Depósitos marinhos holocênicos: são compostos por areias brancas, às vezes contendo grandes quantidades de conchas e apresentando alinhamentos de cristas praias. São bem desenvolvidos na planície costeira da desembocadura do rio Paraíba do Sul, ocorrendo de maneira contínua ao longo do litoral.

- Depósitos lagunares holocênicos: siltitos e arenitos argilosos, ricos em matéria orgânica e conchas de moluscos. Esses depósitos situam-se nas zonas rebaixadas separando os terraços arenosos ou nos cursos inferiores de grandes vales não preenchidos por sedimentos fluviais. Sua origem pode ser associada à invasão do mar durante a última transgressão, na qual o máximo ocorreu há 5.100 anos.

- Depósitos continentais holocênicos: sedimentos arenosos e argilo-arenosos, formados pela sedimentação fluvial que preenche os paleocanais e cursos inferiores de alguns rios da região, e ocorrem bem desenvolvidos nos vales fluviais do rio Paraíba do Sul e principais afluentes.

3.3 Climatologia

Segundo a classificação climática de Köppen, nesta área predomina um clima do tipo tropical Aw, ou seja, quente e úmido durante o verão e, durante o inverno, o clima se torna seco e frio. Em grande parte da região costeira deste trecho do estado

do Rio o clima é semiárido (Bsh). Os estudos realizados apresentam os menores valores de pluviosidade obtidos no inverno (171,8 mm/ano) e os maiores no verão (277,2 mm/ano) (Barbière & Coe-Neto 1999). Os valores de temperatura média de Barbière & Coe Neto (1996) mostram uma pluviosidade baixa na região por conta do fenômeno da ressurgência em Cabo Frio. A pluviosidade está em torno de 934 mm na faixa de 25°C, podendo chegar a 38°C no verão, e 20°C no inverno (FEEMA 1988).

3.4 Processos de Salinização e Hipersalinização

Todos os ambientes Lagunares estão sujeitos a processos de salinização e hipersalinização de suas águas. Bayly (1967) e Schoff (1967) afirmam que salinização é um processo resultante da dissolução de sais provenientes da última transgressão marítima. No momento da transgressão, a água do mar invade uma porção de terra mais interior do que o padrão. O sal presente nesta água sofre dissolução e fica inserido no ambiente lagunar.

. Cruz e Melo (1968) e mais recentemente Ribeiro et al. (2016) afirmam que a salinidade é resultado do efeito de Capilaridade dos solos que ocorre principalmente em ambientes de elevada aridez. Este efeito de Capilaridade consiste na propriedade dos fluidos subirem ou descerem em tubos muito finos. Desta forma, através da ascensão da água nos tubos capilares do solo, o sal proveniente de transgressões marinhas pretéritas pode subir para a superfície e, conseqüentemente, salinizar a água superficial.

Oliveira e Batista (1998) ressaltaram a associação de aspectos climáticos (aridez), ambiente edáfico (solo) e litológico para salinização. Em um ambiente de clima semiárido as taxas de evaporação e evapotranspiração são maiores do que as

precipitações, determinando baixos influxos de águas litorâneas, podendo ocasionar hipersalinização sazonal e/ou permanente das águas estuarinas e de outros ambientes costeiros associados (Ramos Silva, 2004; Moraes; Pinheiro, 2011; Valle-Levinson; Schettini, 2016; Medeiros, 2016).

3.5 Balanço Hídrico Climatológico e Método de Thornthwaite

O balanço hídrico climatológico (BHC) foi elaborado por THORNTWHAITE & MATHER (1955) para caracterizar o regime de um corpo hídrico, sem necessidade de medidas diretas para definir as condições do solo. Partindo dos dados de P (Pluviosidade), de T (Temperatura) e N (Número Máximo de Horas de Sol) calcula-se as constantes “l”, “e” e “k” que possibilitaram o cálculo da ETP (Evapotranspiração Potencial), ETR (Evapotranspiração real) e o excedente de água do sistema. No capítulo 2 descrevem-se as aplicações desse método no presente trabalho.

4 RESULTADOS

4.1 Resultados

4.1.1 Área de drenagem

Observa-se que a área de drenagem da Lagoa de Jacarepiá é muito grande se comparada à área da Lagoa em si (Figura 49). Este fato nos leva a perceber o quão influente a chuva pode ser neste sistema hídrico. Com uma extensa área de captação de água revestida essencialmente por embasamento impermeável, quase toda a água de chuva que cair neste território vai ser armazenada no interior da lagoa de Jacarepiá. Esta água da chuva é doce. A Lagoa não possui sistemas de drenagem significativamente influentes, logo, sua perda de água é majoritariamente associada à evaporação no espelho d'água e evapotranspiração da vegetação circundante.

Área da Lagoa = AL = 1,4km²

Área da Bacia = AB = 6,39 km²

AB-AL = Área de infiltração no solo = AS = 4,99km²



Figura 49 – Área de Drenagem da Lagoa de Jacarepiá

O Modelo Digital de Elevação (MDE) (Figura 50) nos permite observar que a Lagoa está inserida em uma área de baixada, envolta em sua maioria por rochas com um relevo mais elevado. Este fato contribui para o funcionamento de um reservatório d'água.

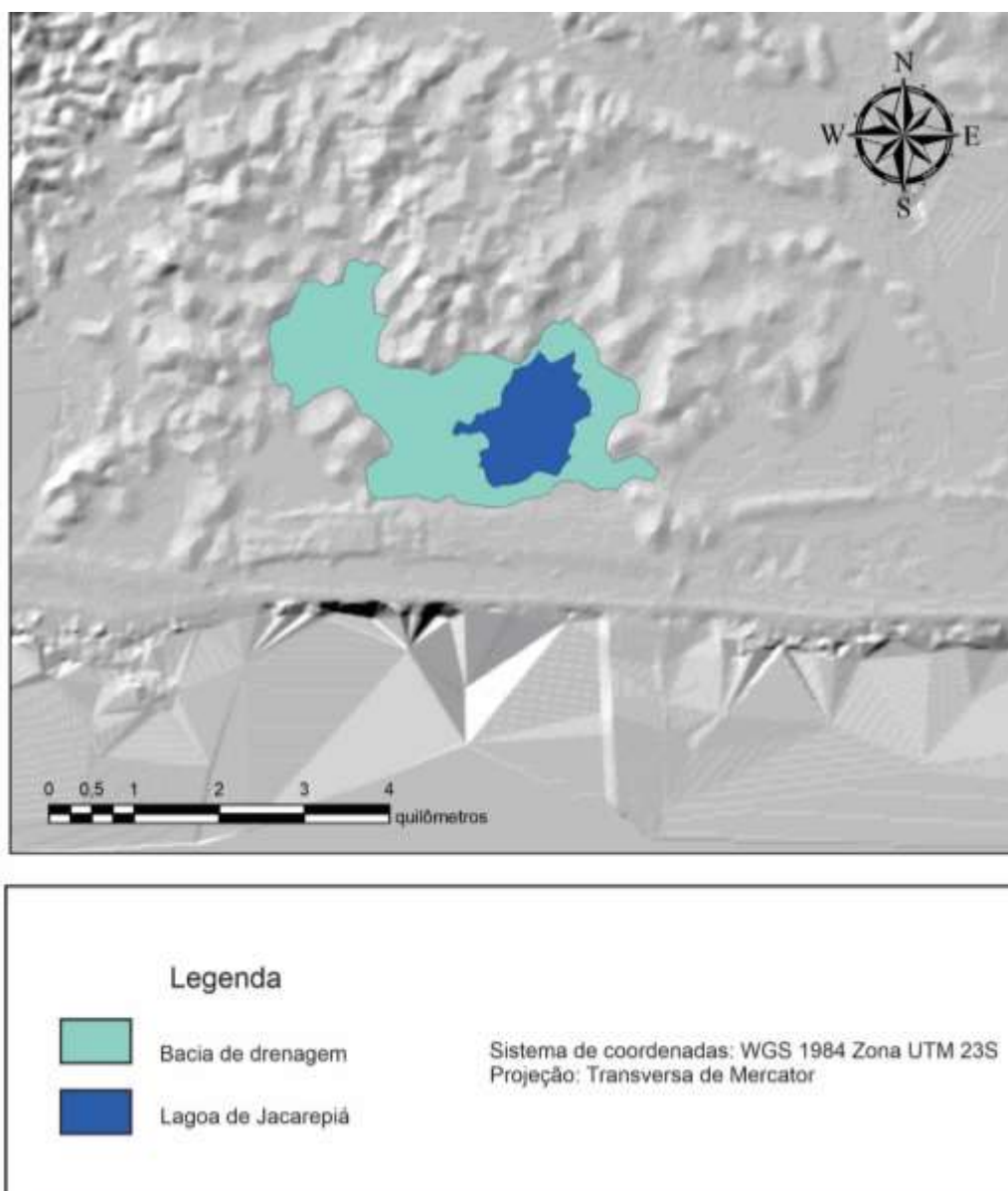


Figura 50 – Modelo Digital de elevação da Região da Lagoa de Jacarepiá.

Através do processamento dos dados obtidos a partir das medições físico-químicas feitas no decorrer deste período, geram-se diversos gráficos, tabelas e mapas para analisarmos as condições hídricas de Jacarepiá.

4.1.2 Variação do Nível de Água

Com o auxílio do Microsoft Excel, os dados fornecidos pela AMILA foram transcritos para uma tabela e processados para gerar este gráfico digital (Figura 29).

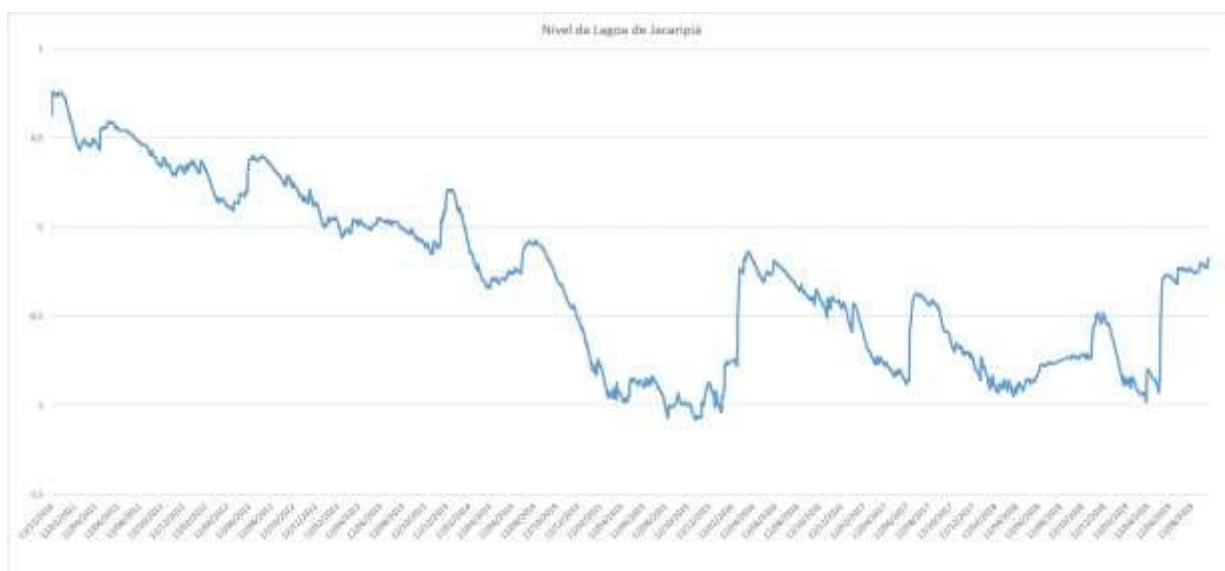


Figura 29 - Níveis de água da lagoa de Jacarepiá no período de 12/12/2010 até 01/10/2019.

4.1.3 Parâmetros medidos em campo

A Tabela 1 a seguir descreve as medidas obtidas em campo na lagoa de Jacarepiá e arredores.

PONTO	TIPO	COORD 1	COORD 2	T (C)	PH	ORP (mV)	CE (μS)	TDS(ppm)	%NaCl
1	Embasamento	765025	7462794	EMBAS	EMBAS	EMBAS	EMBAS	EMBAS	EMBAS
2	Lagoa	764831	7462769	24.1	7.4	69	436	218	0.9
3	Lagoa	764194	7462993	28.8	7.8	77	2091	1046	3.8
4	Lagoa	762630	7461609	29.1	7.3	88	1674	837	3
5	Lagoa	762560	7461621	30.5	7.9	74	1744	872	3.1
6	Mar	762620	7461441	21.9	8.3	75	56.3mS	28	116.9
7	Lagoa	763190	7461856	27	6.6	162	257.8	128.8	0.5
8	Lagoa	762843	7462674	25.6	5.5	119	136,4	68.2	0.3
9	Lagoa	762024	7462695	29.7	7	77	293	146.4	0.5
10	Lagoa	761774	7465401	28.3	7.8	93	873	437	1.6
11	Embasamento	761269	7463344	EMBAS	EMBAS	EMBAS	EMBAS	EMBAS	EMBAS
12	Lagoa	761077	7463492	30.3	7.6	90	335	167	0.6
13	Embasamento	761077	7463492	EMBAS	EMBAS	EMBAS	EMBAS	EMBAS	EMBAS
14	Lagoa	762661	7464887	28.6	6.8	74	770	385	1.4
15	Lagoa	764574	7464326	26.1	6.3	175	338	169	0.6
16	Lagoa	764236	7564717	25.8	7.3	95	770	385	1.5
17	Lagoa	765095	7463903	31.1	7.3	101	502	251	0.9
18	Embasamento	765252	7462225	EMBAS	EMBAS	EMBAS	EMBAS	EMBAS	EMBAS
19	Lagoa	765457	7462817	27.5	7.3	95	5.42	2.71	10.1
20	Lagoa	766239	7461609	26.4	8.1	99	23.9	11.94	45.7

Observou-se que os parâmetros físico-químicos obtidos nas medições não são constantes por toda a lagoa, pois variam de acordo com a localidade. É importante considerar que diversos fatores podem influenciar nos parâmetros obtidos. Estes fatores são: horário da medição, incidência solar, erosão das rochas adjacentes, presença ou não de vegetação, presença de matéria orgânica, seja ela em estado de decomposição ou não, atuação do spray salino proveniente do oceano, influência do lençol freático, locais de captação de água, presença de poços artesianos, contaminação por objetos humanos lançados na lagoa, zonas de abastecimento (entrada de água) e suas respectivas fontes, zonas de drenagem (saída de água) como o extravasor construído em 2011, estruturas geológicas nos arredores e interferência de águas de chuva (pluviometria).

4.1.4 Mapas com as medidas coletadas em campo

Foram gerados estes mapas com as intensidades das medidas coletadas em campo. As figuras 30 a 35 a seguir mostram os vários parâmetros físico-químicos obtidos como resultado desse trabalho de campo.



Figura 30 - Mapa com os valores de condutividade elétrica das amostras de água coletadas nos pontos analisados em campo.

Concentração de NaCl(%)



Figura 31 - Mapa com as concentrações de NaCl das amostras de água coletadas nos pontos analisados em campo. A unidade das medidas é mg/L.

Podemos observar que a concentração de NaCl é bem baixa nos pontos ao redor da lagoa de Jacarepiá, evidenciando a baixíssima salinidade das amostras coletadas. Já no ponto 20 observamos que a salinidade é bem mais alta.

Potencial de oxiredução (ORP)



Figura 32 - Mapa com os potenciais de oxirredução das amostras de água coletadas nos pontos analisados em campo. Todos os valores são positivos, em mV.

Potencial Hidrogeniônico (pH)



Figura 33 - Mapa com os potenciais hidrogeniônicos das amostras de água coletadas nos pontos analisados em campo.

Temperatura (°C)



Figura 34 - Mapa com as temperaturas das amostras de água coletadas nos pontos analisados em campo.

Total de sólidos dissolvidos (TDS) (mg/L)



Figura 35 - Mapa com os totais de sólidos dissolvidos nas amostras de água coletadas nos pontos analisados em campo. Este dado está representado em mg/L.

4.1.5 Pluviosidade

O gráfico da precipitação pluviométrica da área de estudo foi gerado com os dados da estação meteorológica de Iguaba Grande, fornecidos pelo site do Instituto Nacional de Meteorologia (Figura 36). Esta estação foi escolhida pois é a estação com dados completos mais próxima à Lagoa em questão.

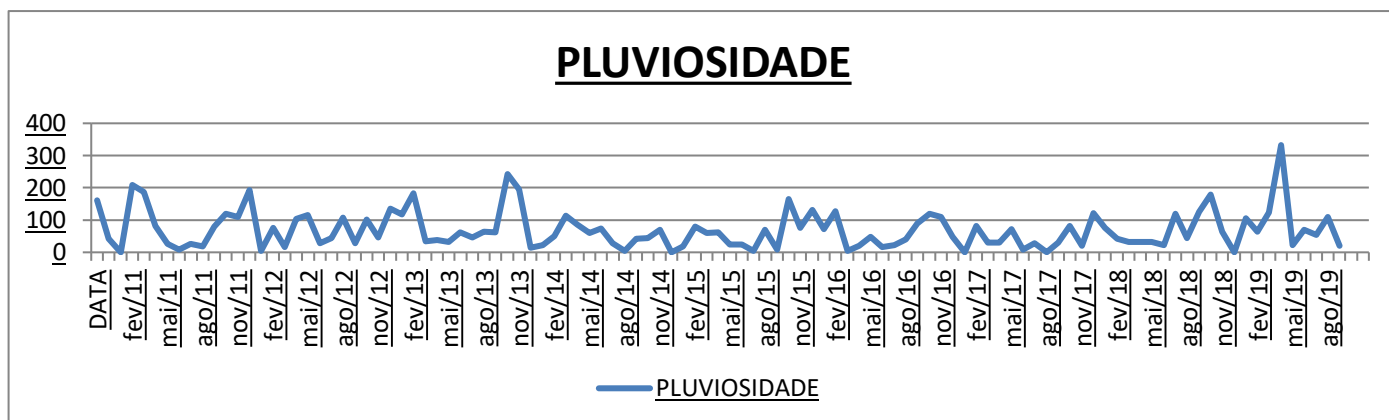


Figura 36 - Gráfico da Pluviosidade na lagoa de Jacarepiá feita com o Excel.

4.1.6 Balanço Hídrico

O nível de água desta Lagoa está diminuindo muito com os períodos de estiagem. A situação da Lagoa é preocupante. Através da elaboração do balanço hídrico, do levantamento de dados obtidos em campo e do conhecimento geológico da região, foi possível entender como funciona o sistema de captação de água da Lagoa, caracterizando a chuva como sua maior influência. Os meses de Novembro até Março apresentam maiores taxas de pluviosidade, enquanto os meses de Abril até Outubro possuem uma menor incidência de chuva. A Taxa de Evaporação Potencial é maior nos meses mais quentes (Outubro à Março) pois a incidência do Sol é maior neste período, fazendo com que a água evapore com maior velocidade.

Utilizando o método de Thornthwaite, podemos obter o valor excedente de água no sistema em cada ano, conforme apresentado nas tabelas 2 a 9, contidas no Apêndice A, e as Figuras 37 até a 44 dispostas nas páginas à seguir.

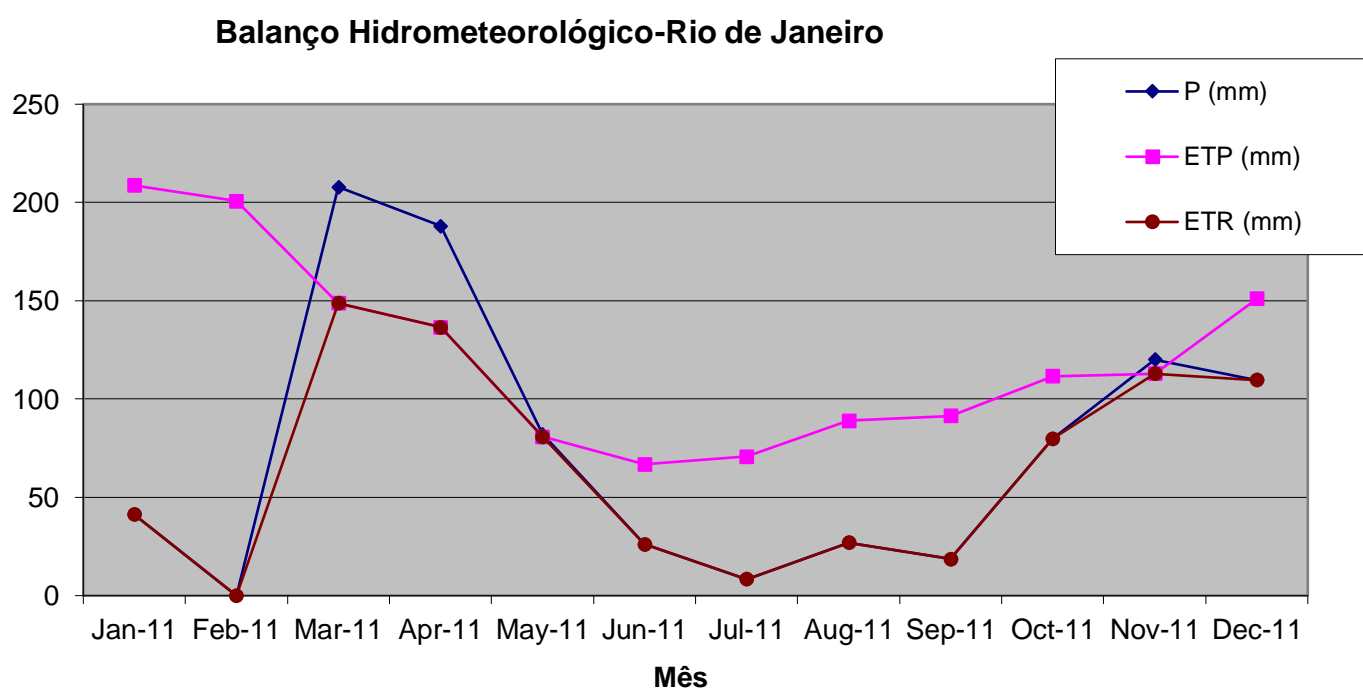


Figura 37 - Balanco Hidrometeorológico de 2011

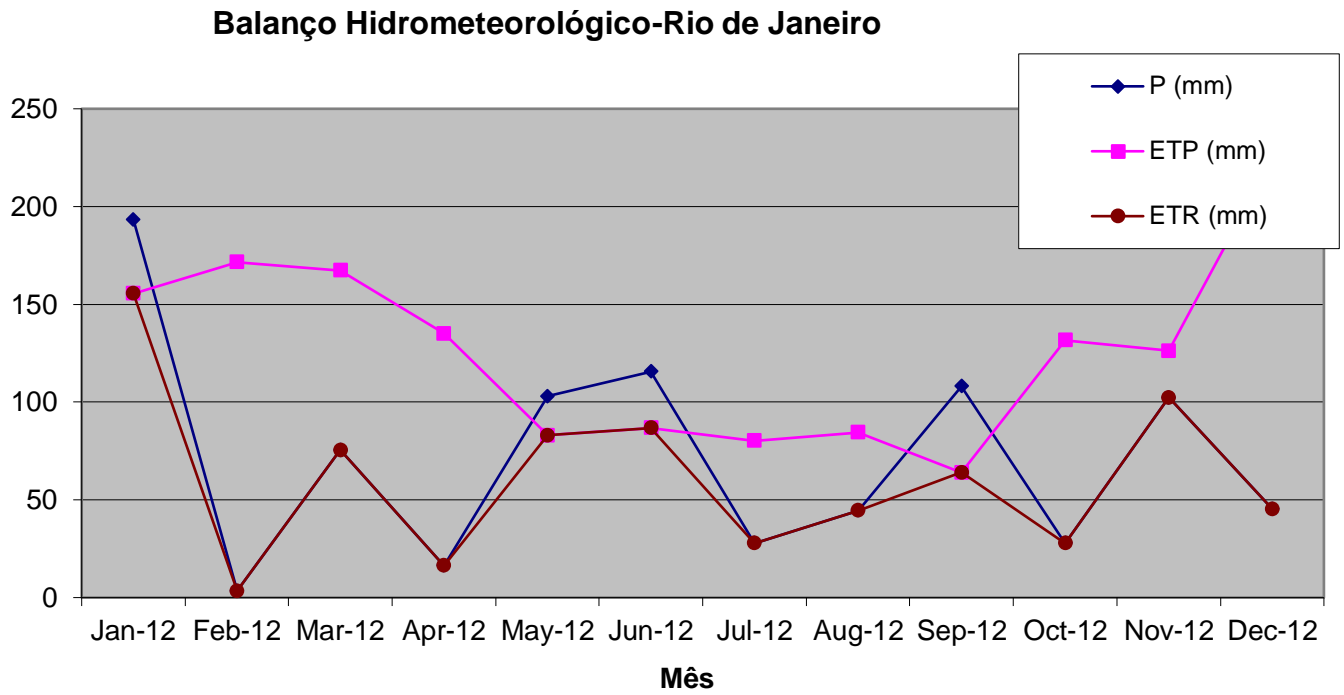


Figura 38 - Balanço Hidrometeorológico de 2012.

Balanco Hidrometeorológico-Rio de Janeiro

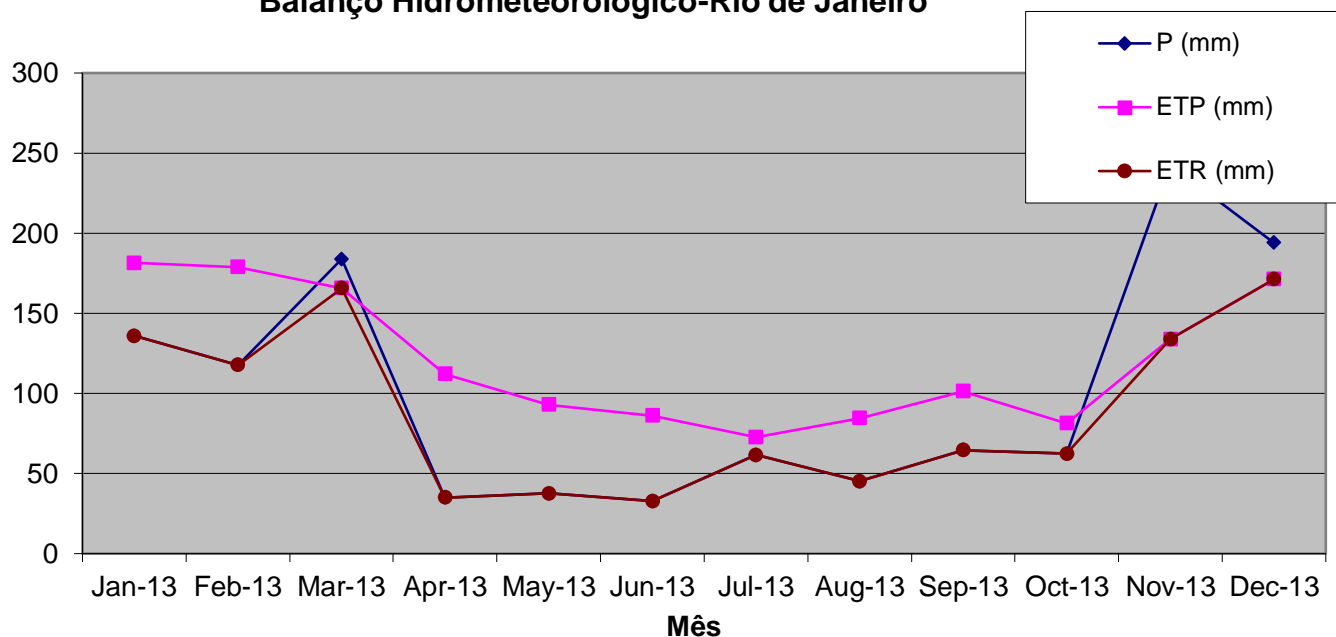


Figura 39 - Balanco Hidrometeorológico de 2013.

Balanco Hidrometeorológico-Rio de Janeiro

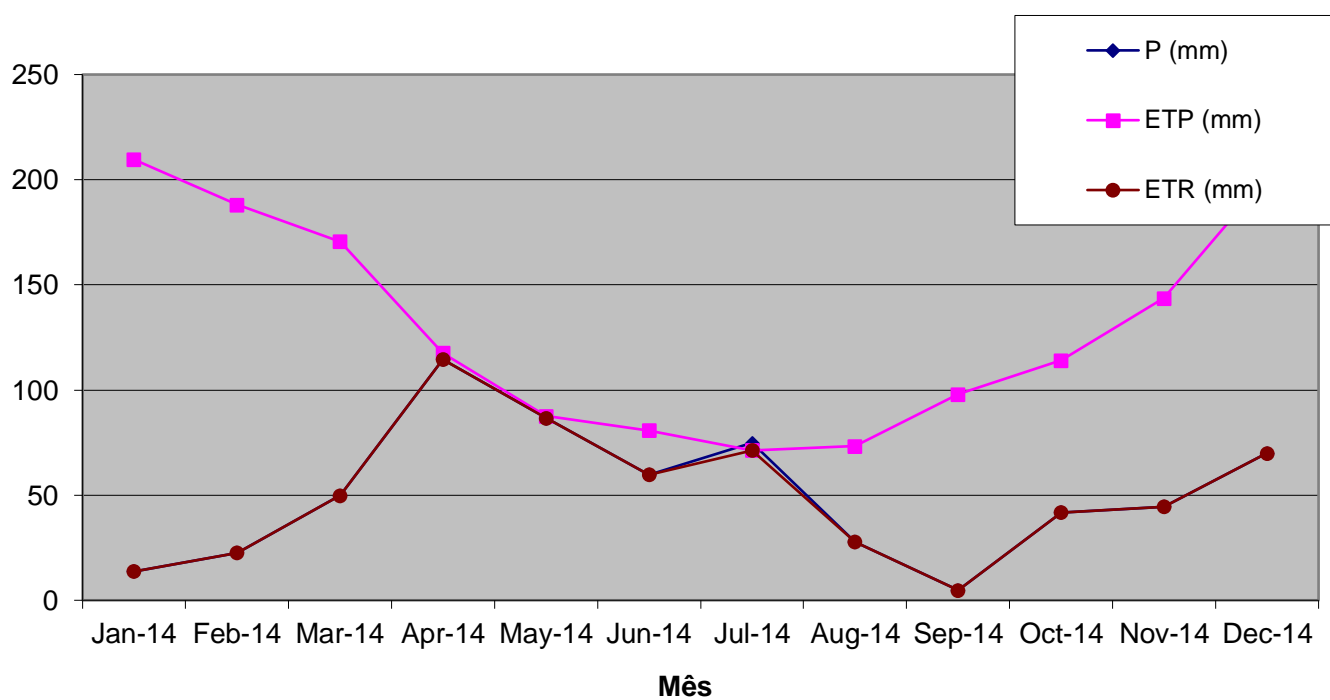


Figura 40 - Balanco Hidrometeorológico de 2014.

Balanço Hidrometeorológico-Rio de Janeiro

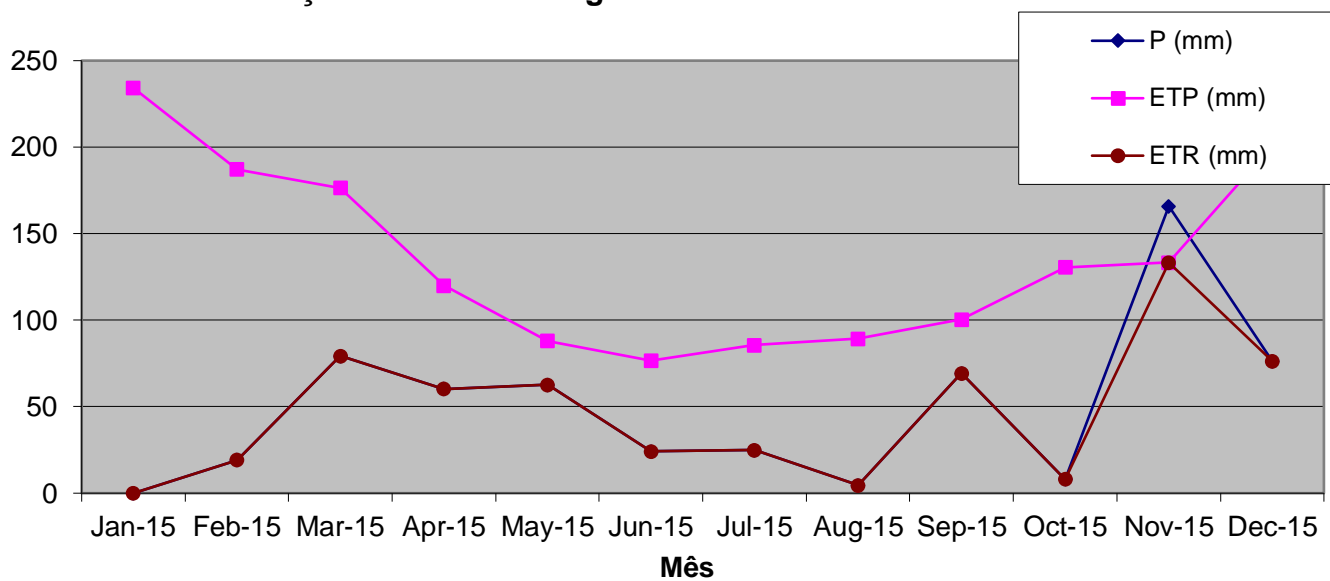


Figura 41 - Balanço Hidrometeorológico de 2015.

Balanço Hidrometeorológico-Rio de Janeiro

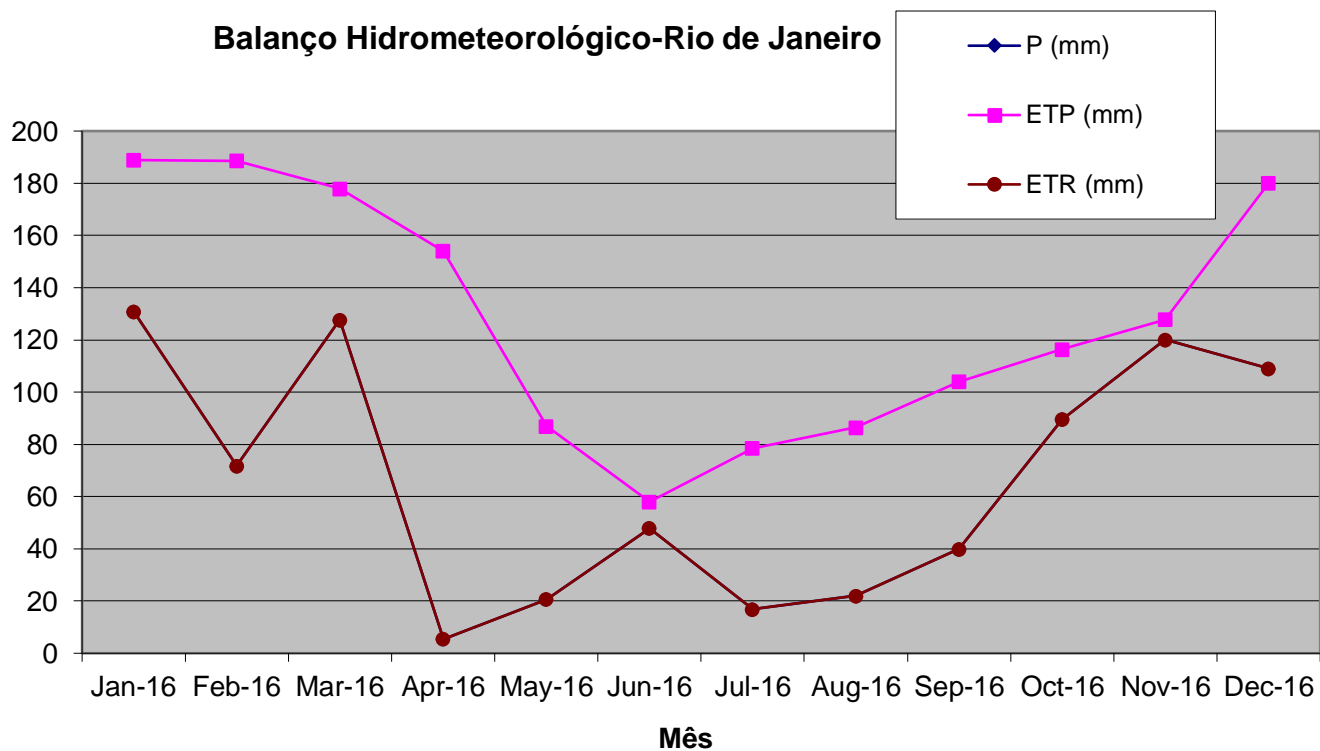


Figura 42 - Balanço Hidrometeorológico de 2016.

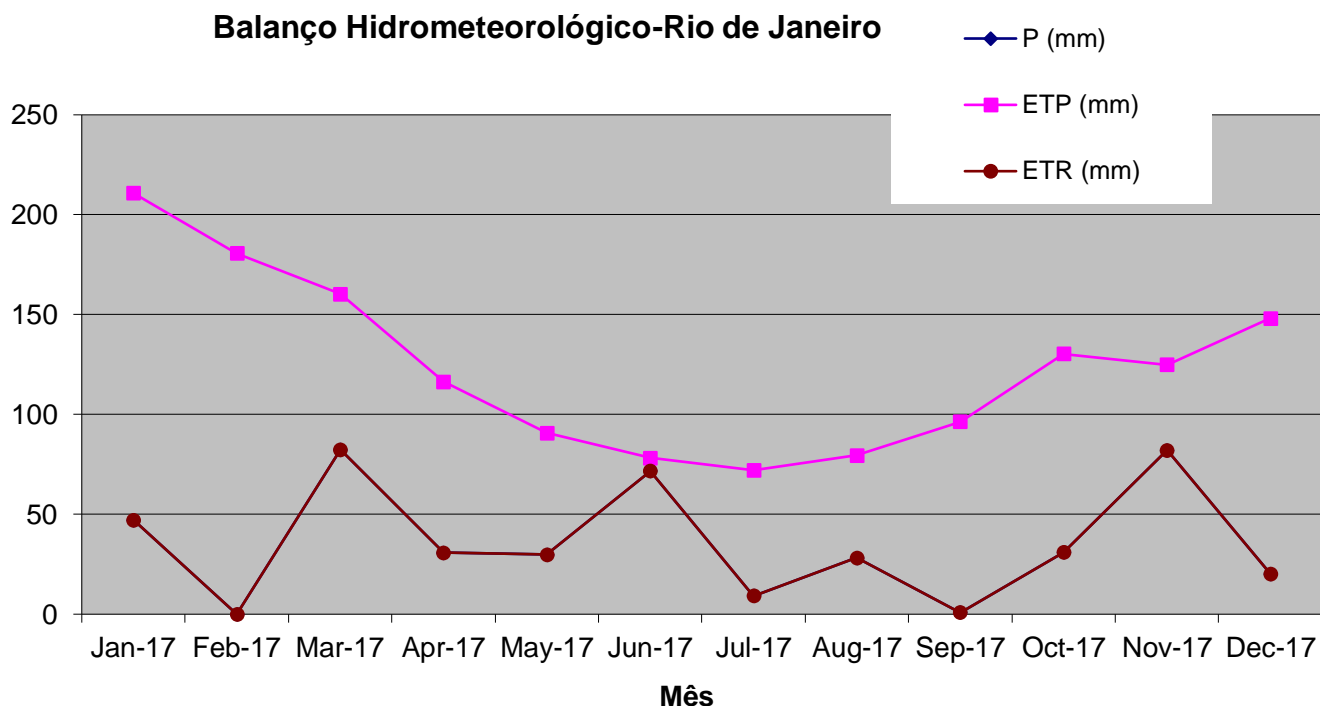


Figura 43 - Balanço Hidrometeorológico de 2017.

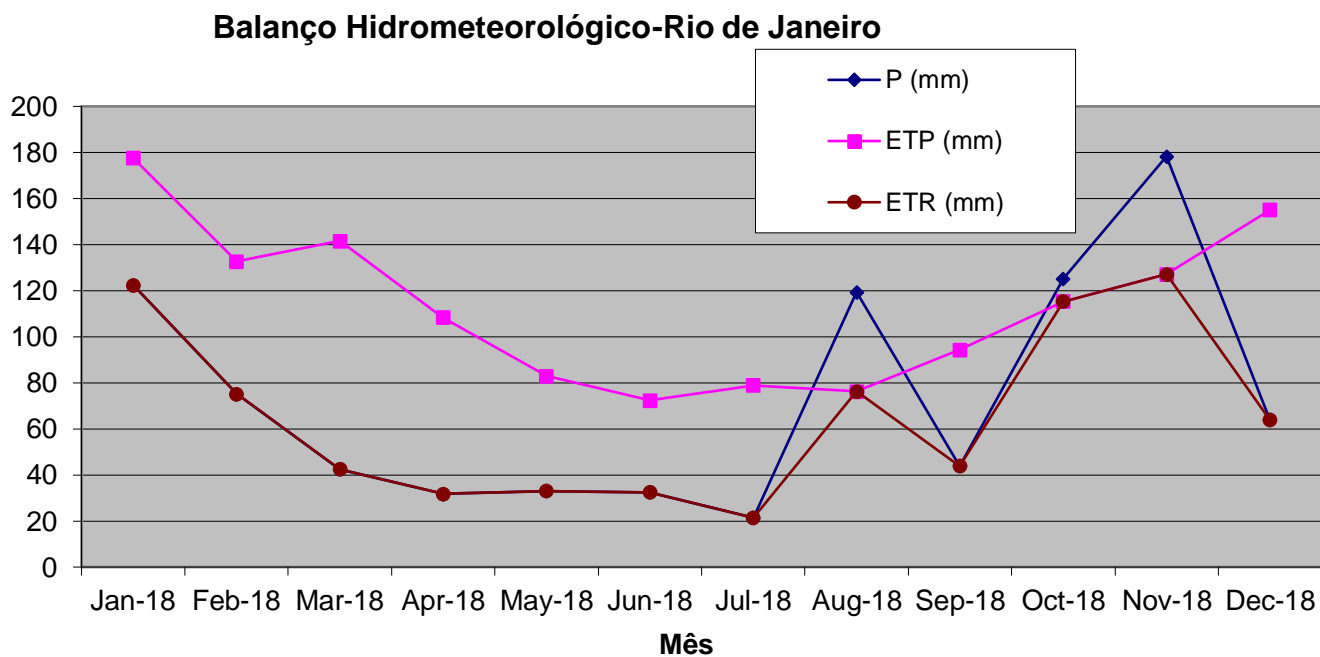


Figura 44 - Balanço Hidrometeorológico de 2018.

Com a execução do método de Thornthwaite aplicado no programa Microsoft Excel obteve-se a variação contínua e absoluta do nível da Lagoa de Jacarepiá (Figura 45 e 46).



Figura 45 - Variação absoluta do Nível da Lagoa pelo Balanço Hídrico



Figura 46 - Variação contínua do Nível da Lagoa pelo Balanço Hídrico

Comparando os gráficos de variação contínua e absoluta do nível d'água obtida pelo balanço hídrico com a variação observada pelo medidor da AMILA e o gráfico de

pluviosidade exibido anteriormente, observa-se que eles possuem excelente correspondência no que diz respeito ao comportamento geral da linha que representa o nível (Figura 47 e 48).

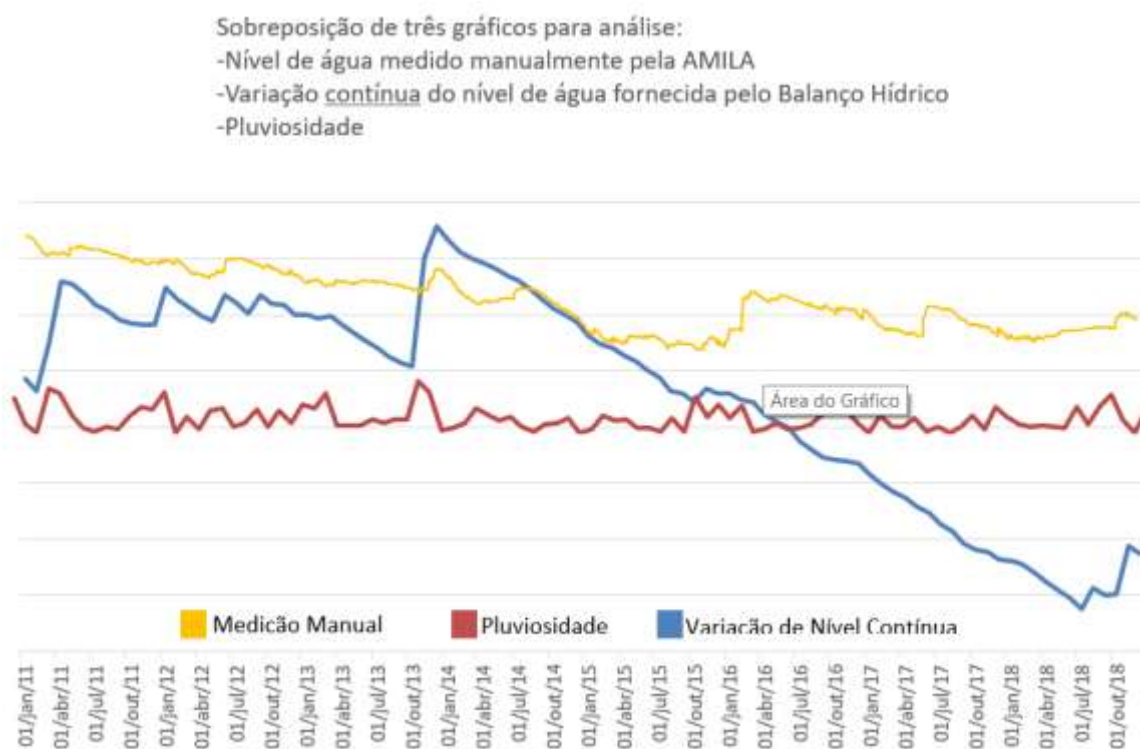


Figura 47 - Comparação da Variação contínua do Nível do Lago pelo Balanço Hídrico e as medições do engenheiro da AMILA como gráfico de Pluviosidade

Sobreposição de três gráficos para análise:

- Nível de água medido manualmente pela AMILA
- Variação absoluta do nível de água fornecida pelo Balanço Hídrico
- Pluviosidade

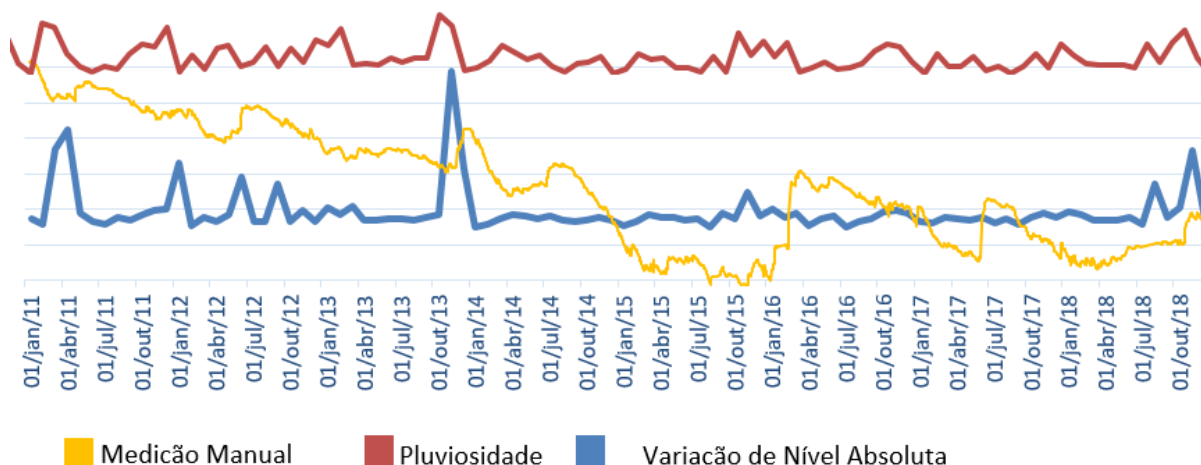


Figura 48 - Comparação entre a Variação absoluta do Nível do Lago pelo Balanço Hídrico e as medições do engenheiro da AMILA com o gráfico de Pluviosidade

Períodos como outubro de 2013 até janeiro de 2014 por exemplo, evidenciam uma elevação significativa na taxa de pluviosidade, acompanhados subsequentemente pelo aumento no nível da água. Sobrepondo o gráfico vermelho que representa a pluviosidade, observamos o quão importante ela é para a definição do nível da água. Nota-se que em períodos de baixa pluviosidade (estiagem) o nível d'água baixa progressivamente até um próximo pico de chuva, quando ele torna a subir.

5 CONCLUSÃO

O nível d'água da lagoa de Jacarepiá é essencialmente influenciado pela pluviosidade. Notamos isso primeiramente através de uma comparação visual dos gráficos de nível da Lagoa com o gráfico da pluviosidade local na estação de Iguaba Grande. Com o auxílio do método de Thornthwaite, verifica-se que o excedente de água nos anos analisados não é alto. Este é mais um fator que comprova a importância da chuva no controle do nível da Lagoa.

A superfície da lagoa sofre ação do vento e do calor, que contribuem para uma alta taxa de evaporação. No inverno, o calor é menor, mas a umidade do ar é muito baixa, mantendo a taxa de evaporação elevada. A evaporação ocorrente no espelho d'água, juntamente com a evapotranspiração da vegetação periférica são os principais agentes contribuintes para a perda de água neste sistema. Em períodos de estiagem, a lagoa de Jacarepiá tem seu nível de água mais reduzido pois a quantidade de água que entra no sistema é significativamente menor do que a quantidade que sai.

O fato de a lagoa estar envolvida por rocha com baixa permeabilidade do embasamento faz com que a água da chuva fique armazenada na lagoa, pois as drenagens naturais não ocorrem com facilidade. Este fator contribui significativamente para o fato da água da lagoa ser doce.

Recomenda-se a continuidade do monitoramento do nível d'água da lagoa bem como das estações meteorológicas da região, que possibilitaram a realização deste trabalho e são uma ferramenta valiosa para a gestão desse importante corpo hídrico.

A Lagoa de Jacarepiá é um ecossistema único de água doce. Atualmente, a lagoa encontra-se preenchida com muitos restos de plantas que poderiam ser retirados para melhorar as condições ecológicas.

É imprescindível que planos de saneamento na região sejam elaborados, pois grande parte do esgoto que é dispensado diretamente na lagoa ou nos sistemas de “sumidouros” podem ter como destino final essa lagoa.

6 BIBLIOGRAFIA

BARBIÉRE, E.; COE NETO, R. 1999. Spatial and temporal variation of rainfall of the East Fluminense Coast and Atlantic Serra do Mar, state of Rio de Janeiro, Brazil. In: Knoppers, B.; Bidone, E.D. & Abrão, J.J. (eds.) Environmental Geochemistry of Coastal Lagoon Systems of Rio de Janeiro, Brazil. FINEP, Rio de Janeiro, 25–46. (Série Geoquímica Ambiental, 6)

BARROS, A. A. M. D. 2009 - Vegetação Vascular Litorânea da Lagoa de Jacarepiá, Saquarem, Rio de Janeiro, Brasil

BAYLY, I. A. E. The general biological classification of aquatic environments with special reference to those of Australia. En: WEATHERLEY, A. H. (ed.) Australia island water and their fauna: eleven studies. Nat. Univ. Press. Camberra, 1967

BEZERRA, F.H.R.; MELLO, C.L., SUGUIO, K. A Formação Barreiras: Recentes Avanços e Antigas Questões. Geologia USP, Série Científica, v. 6, n. 2, p. iii-vi. 2006.

CASTRO, J.W.A; Suguio, K; Seoane, J.C.S; Cunha, A.M; Dias, F.F. 2014. Sea-level fluctuations and coastal evolution in the state of Rio de Janeiro, southeastern Brazil. Annals of the Brazilian Academy of Sciences. v. 86 (2), p. 671 - 683.

CASTRO, J.W.A; Fernandes; D., Dias, F. 2011. Monitoramento do Processo de Erosão Costeira na Praia das Tartarugas, Rio das Ostras - Estado do Rio de Janeiro / Brasil: Aplicação de Metodologia Quantitativa, Revista da Gestão Costeira Integrada, 356-368 p.

CHRISMANN, J. V. V. 2014 - MAPEAMENTO DA FORMAÇÃO BARREIRAS NA REGIÃO NORTE FLUMINENSE, ENTRE OS RIOS PARAÍBA DO SUL E ITABAPOANA

CRUZ, W. B e F. A. F. Melo, Estudo geoquímico preliminar das águas subterrâneas do Nordeste do Brasil. SUDENE Recife. Hidrogeologia. 19, 147p. 1968. Ribeiro et al. (2016)

HASUI, Yociteru. Geologia do Brasil. 1ed. São Paulo: BECA, 2012. 900p.

HEILBRON, M.; Valeriano, C. M.; Valladares, C. & Machado, N. 1995. A orogênese brasileira no segmento central da Faixa Ribeira, Brasil. Revista Brasileira de Geociências 25 (4): 249 - 266.

HEILBRON, M.; Pedrosa-Soares, A.C.; Campos Neto, M.; Silva, L.C.; Trouw, R.A.J. & Janasi, V.C. 2004. A Província Mantiqueira: In MANTESSO-NETO, V., BARTORELLI, A., CARNEIRO, C.D.R. & BRITO NEVES, B.B. (Eds). O Desvendar de Um Continente: A Moderna Geologia da América do Sul e o Legado da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida, p.203-234. Leventhal, J.S., 1983, An interpretation of carbon and sulfur relationships in Black Sea sediments as indicators of environments of deposition, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v 47 p.133-137.

KNOPPERS, B. A.; BIDONE, E. D.; ABRÃO, J. J., 2004. Lagoon Systems of Rio de Janeiro, Brazil. FINEP, Rio de Janeiro, 25–46. (Série Geoquímica Ambiental, 6)

KJERFVE, B. (1994) Coastal lagoons. In *Coastal Lagoon Processes*, ed. B. Kjerfve, pp. 1-8. Elsevier, Amsterdam.

LEITE et al. (2004) Leite, C.A.S, Perrotta, M.M., Silva, L.C., Silva, M.A., Heineck, C.A., Salvador, E.D., Vieira, V.S., Lopes, R.C., Silva, M.G.M., Drumond, G.B.V., Malouf, R.F., Lacerda Filho, J.V., Valente, C.R., Gomes, S.D., Sachs, L.L.B, Oliveira, I.W.B.,

Ramgrab, G.E., Netto, C. Junqueira, P.A., Paes, V.J.C. 2004. Folha SF .23 – Rio de Janeiro. In: Schobbenhaus, C., Gonçalves, J.H., Santos, J.O.S., Abram, M.B., Leão Neto, R., Matos, G.M.M., Vidotti, R.M., Ramos, M.A.B., Jesus, J. D. A. de. (eds.). Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Sistema de Informações Geográficas. Programa Geologia do Brasil. CPRM, Brasília. CD-ROM

MACHADO, N.; Valladares, C.; Heilbron, M. & Valeriano, C. 1996. U-Pb geochronology of the Central Ribeira Belt (Brazil) and implications for the evolution of the Brazilian Orogeny. *Precambrian Research*, 79: 347-361.

MARTIN, L.; SUGUIO, K; DOMINGUEZ, J.M.L. & FLEXOR, J.M. 1997. Geologia do Quaternário costeiro do litoral norte do Rio de Janeiro e do Espírito Santo. Belo Horizonte, CPRM. p.112.

MORAIS, R. M. O.; MELLO, C. L.; COSTA, F. O.; SANTOS, P. F. 2006. Fácies sedimentares e ambientes deposicionais associados aos depósitos da Formação Barreiras no estado do Rio de Janeiro. *Geologia USP (Série Científica)*, São Paulo, v. 6, n. 2, pp. 19-30.

MORAIS, R.M.O. 2001. Estudo Faciológico da Formação Barreiras na região entre Maricá e Barra de Itabapoana, estado do Rio de Janeiro, (Dissertação de Mestrado, Depto. Geologia – IGEO/UFRJ)., 113p. Moraes et al. (2006)

MACHADO, N., SCHRANK, A., NOCE, C.M., GAUTHIER, G. Ages of detrital zircon from Archean-Paleoproterozoic sequences: implications for Greenstone Belt setting evolution of a Transamazonian foreland basin in Quadrilátero Ferrífero, southeast Brazil. *Earth and Planetary Science Letters*, v. 141, p. 259–276, 1996.

OLIVEIRA, A.M.S.; BRITO, S.N.A. Geologia de engenharia. São Paulo : ABGE, 1998.

PEIXOTO, Aristeu Mendes; SOUZA, J. S. I. de; TOLEDO, Francisco Ferraz de; REICHARDT, Klaus; MOLINA FILHO, José. Enciclopédia agrícola brasileira. [S.l: s.n.], 2002.FEEMA 1988

RICCOMINI, C.; MODENESI-GAUTTIERI, M.C.; FERRARI, A.L.; HIRUMA, S.T.; SANT'ANNA, L.G. 2000. Origin and evolution of the Continental Rift of Southeastern Brazil. Post-Congress Field Trip. XXXI International Geological Congress, Rio de Janeiro, RJ. Field Trip Aft 10, 37 p.

SCHMITT, R. S. 2001. A orogenia Búzios e a evolução tectônica do segmento central da faixa Ribeira. In: VII Simpósio de Geologia do Sudeste, 2001, Rio de Janeiro. Boletim de Resumos do VII Simpósio de Geologia do Sudeste. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geologia, 2001. v. 1. p. 12.

SCHMITT, R. S., MANSUR, K.L., Tupinambá, M., Valeriano, C.M., Ragatky, D. 2004b. O Projeto Caminhos Geológicos - divulgação científica dos monumentos geológicos do Estado do Rio de Janeiro. In: II Congresso Brasileiro de Extensão, 2004, Belo Horizonte. Anais do II Congresso Brasileiro de Extensão Universitária. Belo Horizonte: UFMG, 2004. v. 1. p. 1-8.

Schmitt, R. S., Trouw, R. A.J., Van Schmus, W.R., Pimentel, M. M., 2004a. Late amalgamation in the central part of West Gondwana: new geochronological data and the characterization of a Cambrian orogeny in the Ribeira Belt - SE Brazil. Precambrian Research, 133 (1-2), 29-61.

SCHOFF, S.L. Flushing of ancient sea water from Pre-Cambrian rocks in the upper Paraíba basin, State of Paraíba. SUDENE, Recife, 27p. 1967.

TURCQ, B.; MARTIN, L.; FLEXOR, J. M.; SUGUIO, K.; PIERRE, C., TASAYCO-ORTEGA, L. 1999. Origin and evolution of quaternary coastal plain between Guaratiba and Cabo Frio, state of Rio de Janeiro, Brazil. In: KNOPPERS, B.; BIDONE, E.D. & ABRÃO, J.J. (eds.) Environmental Geochemistry of Coastal

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publications in Climatology, vol. VIII, n.1)

TROUW R.A.J., Heilbron M., Ribeiro A., Paciullo F.V.P., Valeriano C.M., Almeida J.C.H., Tupinambá M. , Andreis R.R. 2000. The central segment of the Ribeira Belt. In: U.G. Cordani, E.J. Milani, A. Thomaz Filho (eds.) Tectonic Evolution of South America. Rio de Janeiro, p. 287-310.

TURCQ, B. (1999) - Origin and evolution of the quaternary coastal plain between Guaratiba and Cabo Frio, State of Rio de Janeiro, Brazil. In: Knoppers, B. (org.), Environmental Geochemistry of Coastal Lagoon Systems, Rio de Janeiro, Brazil, pp., 25 - 46, Editora UFF, Niterói, RJ, Brasil.

VIANA, Samuel Magalhães; VALLADARES, Claudia Sayão e DUARTE, Beatriz Paschoal. Geoquímica dos ortognaisses do Complexo Região dos Lagos, Araruama-Cabo Frio, Rio de Janeiro, Brasil. Rev. bras. Geociênc. 2008, vol.38, n.3, pp. 488-500.

WINTER, W. R.; JAHNERT, R. J. & FANÇA, A. B. 2007. Bacia de Campos. In: Milani, E. J. (coord.); Rangel, H. D.; Bueno, G. V.; Stica, J. M.; Winter, W. R.; CAIXETA,

J. M.; Pessoa Neto, O. C. Cartas Estratigráficas. Boletim de Geociências da Petrobras, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, pp. 511-529.

Sites:

<https://portalsaquarema.webnode.com.br>

<https://portal.inmet.gov.br/>

<https://www.facebook.com/amilajacarepia/>

Apêndice A – Tabelas usadas para a aplicação do método de Thornthwaite

Mês	P (mm)	ETP		Deficit (mm)	Exced. (mm)	ETR (mm)	T (°C)	N° horas sol (N)	N° dias (d)	Cálculo de τ	Cálculo de i	Cálculo de k	ETP (mm)	Horas de Sol	Evap. (m/m²)	Lago Exced. (m/m²)	P Lago (m/m²)	ΔH (m)	Lago
		(mm)	Ru (mm)																
jan/11	41,2	208,7	0,0	152,5	0,0	41,2	27,45	13,5	31	179,49	13,173844	1,16	208,66	7,9	0,181	0,000	0,041	-0,140	
fev/11	0	200,8	0,0	185,8	0,0	0	28,41	12,9	28	200,11	13,877616	1,00	200,77	9,95	0,216	0,000	0,000	-0,216	
mar/11	207,9	148,7	25,0	0,0	34,2	148,7	25,4	12,3	31	140,42	11,713257	1,06	148,73	4,72	0,119	0,752	0,208	0,841	
abr/11	188	136,6	25,0	0,0	51,4	136,6	25,52	11,5	30	142,53	11,79714	0,96	136,59	7,7	0,201	1,131	0,188	1,118	
mai/11	82,2	80,8	25,0	0,0	1,4	80,8	21,76	10,9	31	86,09	9,2677642	0,94	80,804	5,9	0,168	0,031	0,082	-0,055	
jun/11	26,1	66,8	0,0	25,7	0,0	26,1	20,89	10,6	30	75,67	8,7125686	0,88	66,838	6,95	0,197	0,000	0,026	-0,171	
jul/11	8,3	70,8	0,0	47,5	0,0	8,3	20,99	10,7	31	76,82	8,7757905	0,92	70,779	7,34	0,213	0,000	0,008	-0,204	
ago/11	26,9	89,0	0,0	47,1	0,0	26,9	22,24	11,2	31	92,24	9,5790287	0,96	88,961	4,72	0,131	0,000	0,027	-0,104	
set/11	18,6	91,5	0,0	57,9	0,0	18,6	22,24	11,9	30	92,24	9,5790287	0,99	91,472	6,96	0,175	0,000	0,019	-0,157	
out/11	79,8	111,6	0,0	16,8	0,0	79,8	23,02	12,6	31	102,87	10,092224	1,09	111,61	6,03	0,148	0,000	0,080	-0,069	
nov/11	120,1	112,9	7,2	0,0	0,0	112,9	22,95	13,3	30	101,88	10,045797	1,11	112,92	5,98	0,135	0,000	0,120	-0,015	
dez/11	109,7	151,1	0,0	26,4	0,0	109,7	24,67	13,7	31	128,05	11,207366	1,18	151,06	4,66	0,105	0,000	0,110	0,004	
	908,8				86,981	789,6													

Tabela A-1 - Método de Thornthwaite 2011

Mês	P (mm)	ETP		Deficit (mm)	Exced. (mm)	ETR (mm)	T (°C)	N° horas sol (N)	N° dias (d)	Cálculo de τ	Cálculo de i	Cálculo de k	ETP (mm)	Horas de Sol	Evap. (m/m²)	Lago Exced. (m/m²)	P Lago (m/m²)	ΔH (m)	Lago
		(mm)	Ru (mm)																
jan/12	193,3	155,6	25,0	0,0	27,7	155,6	25,06	13,5	31	133,82	11,476693	1,16	155,56	6,47	0,149	0,610	0,193	0,655	
fev/12	3,5	171,5	0,0	153,0	0,0	3,5	27,03	12,9	28	170,94	12,869875	1,00	171,51	10,83	0,235	0,000	0,004	-0,232	
mar/12	75,4	167,3	0,0	76,9	0,0	75,4	26,38	12,3	31	158,00	12,40422	1,06	167,34	7,6	0,192	0,000	0,075	-0,116	
abr/12	16,3	135,0	0,0	103,7	0,0	16,3	25,46	11,5	30	140,85	11,755173	0,96	134,98	6,91	0,180	0,000	0,016	-0,164	
mai/12	103	83,0	20,0	0,0	0,0	83,03	22,05	10,9	31	88,46	9,4554026	0,94	83,026	6,42	0,183	0,000	0,103	-0,080	
jun/12	115,6	86,8	25,0	0,0	23,8	86,82	22,78	10,6	30	98,29	9,9333502	0,88	86,819	6,09	0,172	0,523	0,116	0,466	
jul/12	27,8	80,2	0,0	37,4	0,0	27,8	21,94	10,7	31	87,04	9,3840791	0,92	80,194	6,78	0,196	0,000	0,028	-0,169	
ago/12	44,5	84,4	0,0	24,9	0,0	44,5	21,98	11,2	31	87,55	9,4099937	0,96	84,438	8,04	0,223	0,000	0,045	-0,178	
set/12	108	64,0	25,0	0,0	19,0	63,97	20	11,9	30	64,51	8,1567815	0,99	63,971	7,07	0,178	0,419	0,108	0,348	
out/12	27,8	131,6	0,0	88,8	0,0	27,8	24,31	12,6	31	121,29	10,960689	1,09	131,6	8,2	0,202	0,000	0,028	-0,174	
nov/12	102,3	126,2	0,0	8,9	0,0	102,3	23,84	13,3	30	113,87	10,641457	1,11	126,2	5,48	0,124	0,000	0,102	-0,021	
dez/12	45,4	224,5	0,0	164,1	0,0	45,4	27,94	13,7	31	190,27	13,531508	1,18	224,47	9,74	0,220	0,000	0,045	-0,175	
	862,9				70,519	732,4													

Tabela A-2 - Método de Thornthwaite 2012

Mês	P (mm)	ETP		Deficit Exced.		ETR	T (°C)	N° horas sol (N)	de N° dias (d)	Calculo de ε	Cálculo de i	Cálculo de k	ETP (mm)	Horas de Sol	Evap. (m/m²)	Lago Exced. Lago (m/m²)	P Lago (m/m²)	ΔH Lago (m)
		(mm)	Ru (mm)	(mm)	(mm)													
jan/13	135,9	181,5	0,0	30,6	0,0	135,9	26,27	13,5	31	156,16	12,325994	1,16	181,54	5,12	0,118	0,000	0,136	0,018
fev/13	117,7	178,9	0,0	46,2	0,0	117,7	27,39	12,9	28	178,28	13,130273	1,00	178,87	8,66	0,188	0,000	0,118	-0,070
mar/13	183,8	165,6	18,2	0,0	0,0	165,6	26,28	12,3	31	156,35	12,333099	1,06	165,6	5,83	0,147	0,000	0,184	0,037
abr/13	34,9	112,2	0,0	62,3	0,0	34,9	23,99	11,5	30	117,08	10,742991	0,96	112,21	6,78	0,177	0,000	0,035	-0,142
mai/13	37,6	92,9	0,0	40,3	0,0	37,6	22,75	10,9	31	98,94	9,9135512	0,94	92,869	6,82	0,194	0,000	0,038	-0,156
jun/13	32,8	86,1	0,0	38,3	0,0	32,8	22,64	10,6	30	97,43	9,8410699	0,88	86,067	6,05	0,171	0,000	0,033	-0,138
jul/13	61,6	72,7	0,0	0,0	0,0	61,6	21,18	10,7	31	78,86	8,8963387	0,92	72,664	6,53	0,189	0,000	0,062	-0,128
ago/13	45,2	84,6	0,0	24,4	0,0	45,2	21,9	11,2	31	87,69	9,3581888	0,96	84,568	7,07	0,196	0,000	0,045	-0,150
set/13	64,5	101,3	0,0	21,8	0,0	64,5	22,98	11,9	30	102,15	10,065685	0,99	101,3	7,26	0,183	0,000	0,065	-0,119
out/13	62,3	81,3	0,0	4,0	0,0	62,3	20,84	12,6	31	74,92	8,6810159	1,09	81,285	5,31	0,131	0,000	0,062	-0,068
nov/13	242,7	133,9	25,0	0,0	83,8	133,9	24,23	13,3	30	120,84	10,906125	1,11	133,93	6,59	0,149	1,843	0,243	1,937
dez/13	194	171,2	25,0	0,0	22,8	171,2	25,67	13,7	31	145,13	11,902228	1,18	171,21	5,56	0,126	0,501	0,194	0,570
	1213,0				106,56	1063												

Tabela A-3 - Método de Thornthwaite 2013

Mês	P (mm)	ETP		Deficit Exced.		ETR	T (°C)	N° horas sol (N)	de N° dias (d)	Calculo de ε	Cálculo de i	Cálculo de k	ETP (mm)	Horas de Sol	Evap. Lago (m/m²)	Exced. Lago (m/m²)	P Lago (m/m²)	ΔH Lago (m)
		(mm)	Ru (mm)	(mm)	(mm)													
jan/14	13,7	209,5	0,0	180,8	0,0	13,7	27,47	13,5	31	180,26	13,188379	1,16	209,55	11,2	0,257	0,000	0,014	-0,243
fev/14	22,6	188,1	0,0	150,5	0,0	22,6	27,8	12,9	28	187,51	13,428986	1,00	188,13	10,64	0,231	0,000	0,023	-0,208
mar/14	49,9	170,6	0,0	105,7	0,0	49,9	26,55	12,3	31	161,08	12,525443	1,06	170,61	7,09	0,179	0,000	0,050	-0,129
abr/14	114,5	117,6	0,0	0,0	0,0	114,5	24,45	11,5	30	122,70	11,056397	0,96	117,59	7,12	0,186	0,000	0,115	-0,071
mai/14	86,7	87,6	0,0	0,0	0,0	86,7	22,51	10,9	31	93,38	9,7556433	0,94	87,648	6,55	0,186	0,000	0,087	-0,100
jun/14	59,8	80,8	0,0	6,0	0,0	59,8	22,37	10,6	30	91,48	9,6639286	0,88	80,804	6,53	0,185	0,000	0,060	-0,125
jul/14	74,8	71,2	3,6	0,0	0,0	71,24	21,26	10,7	31	77,32	8,9472627	0,92	71,245	5,82	0,169	0,000	0,075	-0,094
ago/14	27,8	73,3	0,0	30,5	0,0	27,8	21,15	11,2	31	76,01	8,8772677	0,96	73,307	6,73	0,186	0,000	0,028	-0,158
set/14	4,8	98,0	0,0	78,2	0,0	4,8	22,9	11,9	30	98,83	10,01268	0,99	98,008	7,09	0,179	0,000	0,005	-0,174
out/14	41,8	114,0	0,0	57,2	0,0	41,8	23,33	12,6	31	105,09	10,298698	1,09	114,03	8,24	0,203	0,000	0,042	-0,161
nov/14	44,5	143,7	0,0	84,2	0,0	44,5	24,86	13,3	30	129,63	11,338304	1,11	143,67	6,88	0,155	0,000	0,045	-0,111
dez/14	70	201,1	0,0	116,1	0,0	70	27,01	13,7	31	170,48	12,85546	1,18	201,12	9,41	0,213	0,000	0,070	-0,143
	610,9				0	607,3												

Tabela A-4 - Método de Thornthwaite 2014

Mês	P (mm)	ETP		Deficit (mm)	Exced. (mm)	ETR (mm)	T (°C)	N° horas sol (N)	de N° dias (d)	Cálculo de τ	Cálculo de i	Cálculo de k	ETP (mm)	Horas de Sol	Evap. Lago		Exced. Lago		P Lago (m/m²)	ΔH Lago (m)
		(mm)	Ru (mm)												(m/m²)	(m/m²)				
jan/15	0	234,2	0,0	219,2	0,0	0	28,37	13,5	31	201,47	13,848044	1,16	234,21	10,31	0,237	0,000	0,000	0,000	-0,237	
fev/15	19,2	187,2	0,0	153,0	0,0	19,2	27,74	12,9	28	186,56	13,38513	1,00	187,18	8,49	0,184	0,000	0,019	0,019	-0,165	
mar/15	79,3	176,5	0,0	82,2	0,0	79,3	26,84	12,3	31	166,64	12,733158	1,06	176,5	5,7	0,144	0,000	0,079	0,079	-0,064	
abr/15	60,3	120,0	0,0	44,7	0,0	60,3	24,69	11,5	30	125,20	11,221124	0,96	119,99	6,68	0,174	0,000	0,060	0,060	-0,114	
mai/15	62,7	88,0	0,0	10,3	0,0	62,7	22,69	10,9	31	93,76	9,8739936	0,94	88,003	6,01	0,171	0,000	0,063	0,063	-0,108	
jun/15	24,2	76,6	0,0	37,4	0,0	24,2	22,18	10,6	30	86,74	9,53993	0,88	76,618	6,3	0,178	0,000	0,024	0,024	-0,154	
jul/15	24,9	85,6	0,0	45,7	0,0	24,9	22,63	10,7	31	92,91	9,8344897	0,92	85,608	5,67	0,164	0,000	0,025	0,025	-0,139	
ago/15	4,5	89,3	0,0	69,8	0,0	4,5	22,61	11,2	31	92,63	9,8213336	0,96	89,338	8,9	0,246	0,000	0,005	0,005	-0,242	
set/15	69,3	100,5	0,0	16,2	0,0	69,3	23,21	11,9	30	101,32	10,218604	0,99	100,48	4,91	0,124	0,000	0,069	0,069	-0,054	
out/15	8,1	130,6	0,0	107,5	0,0	8,1	24,41	12,6	31	120,41	11,029023	1,09	130,64	5,92	0,146	0,000	0,008	0,008	-0,138	
nov/15	165,9	133,3	25,0	0,0	7,6	133,3	24,4	13,3	30	120,24	11,022183	1,11	133,27	4,34	0,098	0,168	0,168	0,166	0,236	
dez/15	76,4	200,9	0,0	109,5	0,0	76,4	27,01	13,7	31	170,28	12,85546	1,18	200,88	7,6	0,172	0,000	0,076	0,076	-0,096	
	594,8				7,6329	562,2														

Tabela A-5 - Método de Thornthwaite 2015

Mês	P (mm)	ETP		Deficit (mm)	Exced. (mm)	ETR (mm)	T (°C)	N° horas sol (N)	de N° dias (d)	Cálculo de τ	Cálculo de i	Cálculo de k	ETP (mm)	Horas de Sol	Evap. Lago		Exced. Lago		ΔH Lago	
		(mm)	Ru (mm)												(m/m²)	(m/m²)	(m/m²)	(m)		
jan/16	130,9	188,9	0,0	43,0	0,0	130,9	26,62	13,5	31	162,49	12,575475	1,16	188,89	5,58	0,1281	0	0,1309	0,0028	-0,034	
fev/16	71,8	188,6	0,0	101,8	0,0	71,8	27,82	12,9	28	187,94	13,443616	1,00	188,57	8,29	0,1799	0	0,0718	-0,108	-0,068	
mar/16	127,7	177,9	0,0	35,2	0,0	127,7	26,89	12,3	31	167,99	12,769088	1,06	177,93	6,82	0,1719	0	0,1277	-0,044	-0,153	
abr/16	5,4	154,0	0,0	133,6	0,0	5,4	26,53	11,5	30	160,68	12,511161	0,96	153,99	8,79	0,2293	0	0,0054	-0,224	-0,156	
mai/16	20,7	86,9	0,0	51,2	0,0	20,7	22,45	10,9	31	92,60	9,716301	0,94	86,919	5,2	0,1479	0	0,0207	-0,127	-0,149	
jun/16	47,9	58,0	0,0	0,0	0,0	47,9	20,23	10,6	30	65,67	8,2992181	0,88	58,011	5,23	0,148	0	0,0479	-0,1	-0,119	
jul/16	16,9	78,5	0,0	46,6	0,0	16,9	21,89	10,7	31	85,20	9,35172	0,92	78,499	8,88	0,2573	0	0,0169	-0,24	-0,203	
ago/16	22	86,5	0,0	49,5	0,0	22	22,23	11,2	31	89,64	9,5725085	0,96	86,455	6,95	0,1924	0	0,022	-0,17	0,366	
set/16	39,9	104,0	0,0	49,1	0,0	39,9	23,31	11,9	30	104,84	10,285334	0,99	103,96	6,58	0,1659	0	0,0399	-0,126	-0,118	
out/16	89,5	116,3	0,0	11,8	0,0	89,5	23,47	12,6	31	107,23	10,392409	1,09	116,34	5,16	0,127	0	0,0895	-0,037	0,023	
nov/16	120,1	127,8	0,0	0,0	0,0	120,1	23,99	13,3	30	115,27	10,742991	1,11	127,76	6,13	0,1383	0	0,1201	-0,018	0,836	
dez/16	109	180,1	0,0	56,1	0,0	109	26,12	13,7	31	152,63	12,219595	1,18	180,06	7,55	0,1708	0	0,109	-0,062	-0,123	
	801,8				0	801,8														

Tabela A-6 - Método de Thornthwaite 2016

Mês	P (mm)	ETP (mm)	Ru (mm)	Deficit (mm)	Exced. (mm)	ETR (mm)	T (°C)	Nº máx de Nº dias			Cálculo de ϵ	Cálculo de i	Cálculo de k	ETP (mm)	Horas de Sol	Evap.	Exced.	ΔH	
								horas sol (N)	mês (d)	de ϵ						Lago (m/m ²)	Lago (m/m ²)	P Lago (m/m ²)	Lago (m)
jan/17	47,1	210,8	0,0	148,7	0,0	47,1	27,53	13,5	31	181,31	13,232016	1,16	210,78	9,89	0,227	0,000	0,047	-0,180	
fev/17	0	180,6	0,0	165,6	0,0	0	27,47	12,9	28	180,05	13,188379	1,00	180,65	8,83	0,192	0,000	0,000	-0,192	
mar/17	82,4	160,2	0,0	62,8	0,0	82,4	26,02	12,3	31	151,26	12,148836	1,06	160,21	7,71	0,194	0,000	0,082	-0,112	
abr/17	30,8	116,4	0,0	70,6	0,0	30,8	24,3	11,5	30	121,43	10,953863	0,96	116,37	6,08	0,159	0,000	0,031	-0,128	
mai/17	29,8	90,8	0,0	46,0	0,0	29,8	22,64	10,9	31	96,74	9,8410699	0,94	90,805	6,4	0,182	0,000	0,030	-0,152	
jun/17	71,7	78,3	0,0	0,0	0,0	71,7	22,03	10,6	30	88,62	9,442421	0,88	78,279	6,5	0,184	0,000	0,072	-0,112	
jul/17	9,1	72,1	0,0	48,0	0,0	9,1	21,19	10,7	31	78,22	8,9026988	0,92	72,066	6,88	0,199	0,000	0,009	-0,190	
ago/17	28,2	79,5	0,0	36,3	0,0	28,2	21,54	11,2	31	82,44	9,1262719	0,96	79,51	5,63	0,156	0,000	0,028	-0,128	
set/17	0,8	96,3	0,0	80,5	0,0	0,8	22,67	11,9	30	97,16	9,8608196	0,99	96,347	8,41	0,212	0,000	0,001	-0,211	
out/17	31	130,4	0,0	84,4	0,0	31	24,22	12,6	31	120,15	10,899311	1,09	130,37	6,13	0,151	0,000	0,031	-0,120	
nov/17	82	124,9	0,0	27,9	0,0	82	23,74	13,3	30	112,67	10,573949	1,11	124,88	5,93	0,134	0,000	0,082	-0,052	
dez/17	20,2	148,0	0,0	112,8	0,0	20,2	24,55	13,7	31	125,49	11,124932	1,18	148,04	6,06	0,137	0,000	0,020	-0,117	
	433,1				0	433,1													

Tabela A-7 - Método de Thornthwaite 2017

Mês	P (mm)	ETP (mm)	Ru (mm)	Deficit (mm)	Exced. (mm)	ETR (mm)	T (°C)	Nº máx de Nº dias			Cálculo de ϵ	Cálculo de i	Cálculo de k	ETP (mm)	Horas de Sol	Evap.	Exced.	ΔH	
								horas sol (N)	mês (d)	de ϵ						Lago (m/m ²)	Lago (m/m ²)	P Lago (m/m ²)	Lago (m)
jan/18	122,4	177,5	0,0	40,1	0,0	122,4	26,04	13,5	31	152,72	12,162976	1,16	177,54	6,83	0,157	0,000	0,122	-0,034	
fev/18	75,1	132,7	0,0	42,6	0,0	75,1	24,82	12,9	28	132,26	11,310695	1,00	132,7	6,59	0,143	0,000	0,075	-0,068	
mar/18	42,4	141,6	0,0	84,2	0,0	42,4	24,91	12,3	31	133,70	11,372848	1,06	141,61	7,77	0,196	0,000	0,042	-0,153	
abr/18	31,8	108,4	0,0	61,6	0,0	31,8	23,56	11,5	30	113,13	10,452804	0,96	108,41	7,19	0,188	0,000	0,032	-0,156	
mai/18	33	82,9	0,0	34,9	0,0	33	21,69	10,9	31	88,28	9,2226638	0,94	82,86	6,41	0,182	0,000	0,033	-0,149	
jun/18	32,4	72,4	0,0	25,0	0,0	32,4	21,16	10,6	30	81,97	8,8836232	0,88	72,405	5,34	0,151	0,000	0,032	-0,119	
jul/18	21,4	78,9	0,0	42,5	0,0	21,4	21,47	10,7	31	85,62	9,0814068	0,92	78,891	7,76	0,225	0,000	0,021	-0,203	
ago/18	119,3	76,3	25,0	0,0	18,0	76,29	20,91	11,2	31	79,10	8,7252006	0,96	76,285	5,41	0,150	0,396	0,119	0,366	
set/18	43,8	94,4	0,0	35,6	0,0	43,8	22,24	11,9	30	95,16	9,5790287	0,99	94,371	6,42	0,162	0,000	0,044	-0,118	
out/18	125,1	115,2	9,9	0,0	0,0	115,2	23,07	12,6	31	106,22	10,12543	1,09	115,24	4,15	0,102	0,000	0,125	0,023	
nov/18	178,3	127,1	25,0	0,0	36,0	127,1	23,67	13,3	30	114,72	10,526781	1,11	127,15	5,98	0,135	0,792	0,178	0,836	
dez/18	63,9	155,1	0,0	76,2	0,0	63,9	24,77	13,7	31	131,46	11,276216	1,18	155,09	8,25	0,187	0,000	0,064	-0,123	
	888,9				54,024	784,9													

Tabela A-8 - Método de Thornthwaite 2018