

Análise integrada
e estudos geográficos
comparados em bacias
hidrográficas de
São Paulo, Goiás e
Rio Grande do Sul

organizadores

Cássio Arthur Wollmann

Eliane Maria Foletto

Waterloo Pereira Filho



CLIQUE AQUI E
BAIXE O LIVRO

Análise integrada e estudos geográficos comparados em bacias hidrográficas de São Paulo, Goiás e Rio Grande do Sul

organizadores

Cássio Arthur Wollmann

Eliane Maria Foletto

Waterloo Pereira Filho

Universidade Franciscana - UFN
Santa Maria, 2020

Organizadores

Cássio Arthur Wollmann
Eliane Maria Foletto
Waterloo Pereira Filho

Comissão Editorial

Celia Alves de Souza
Eduardo Donizeti Giroto
Eduardo Schiavone Cardoso
Galileo Adeli Buriol
João Paulo Assis Gobo



Editora UFN

Coordenação editorial

Salette Mafalda Marchi

Capa e projeto gráfico

Fagner Millani

Revisão gramatical e linguística

Janette Mariano Godois

Universidade Franciscana - UFN

Rua dos Andradas, 1614
Centro | Santa Maria – RS
CEP 97010-032

A532 Análise integrada e estudos geográficos comparados em bacias hidrográficas de São Paulo, Goiás e Rio Grande do Sul/
Organizadores Cássio Arthur Wollmann, Eliane Maria Foletto, Waterloo Pereira Filho – Santa Maria :
Universidade Franciscana, 2020.
360 p. : il. ; 15x21 cm

ISBN: 978-65-5852-072-6 (Online)

1. Bacia hidrográfica 2. Climatologia 3. Limnologia
4. Paisagem I. Wollmann, Cássio Arthur II. Foletto, Eliane Maria III. Pereira Filho, Waterloo

CDU 556.51



SU- má- rio

sumário

10 APRESENTAÇÃO

12 PRIMEIRA PARTE **CLIMATOLOGIA**

14 Capítulo 01

PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E PRODUTIVIDADE DA *Vitis vinifera* NA REGIÃO GEOVITÍCOLA DO ALTO JACUÍ/RS
Cássio Arthur Wollmann; Emerson Galvani

52 Capítulo 02

UNIDADES CLIMÁTICAS URBANAS DE SALTO DO JACUÍ/RS
Ismael Luiz Hoppe; Cássio Arthur Wollmann

76 **CAPÍTULO 03**

PRECIPITAÇÃO OCULTA NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO DO BOI RS/SC

Jakeline Baratto; Emerson Galvani; Cássio Arthur Wollmann

102 **CAPÍTULO 04**

CALENDÁRIO AGRÍCOLA DA FUMICULTURA
NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JACUIZINHO/RS

Vagner Apollo Duarte; Cássio Arthur Wollmann

124 **CAPÍTULO 05**

ESTIMATIVA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO
E VAZÃO NA BACIA DO RIO FORMOSO

Alécio Perini Martins; Emerson Galvani

150 **CAPÍTULO 06**

BALANÇO HÍDRICO SEQUENCIAL DA ÁREA
DE INFLUÊNCIA DIRETA DA UHE CAÇU/GO

Ezequiel Pereira da Silva; Germano Silva Albuquerque;
Regina Maria Lopes; João Batista Pereira Cabral

170 **CAPÍTULO 07**

MONITORAMENTO DA RADIAÇÃO SOLAR
NO MUNICÍPIO DE JATAÍ/GO

Germano Silva Albuquerque; Regina Maria Lopes; João Batista Pereira Cabral

186 **CAPÍTULO 08**

VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DAS PRECIPITAÇÕES
PLUVIAS ANUAIS DO VALE DO RIBEIRA DE IGUAPE/SP

Valéria Machado Emiliano; Emerson Galvani

206 SEGUNDA PARTE **LIMNOLOGIA**

208 **CAPÍTULO 09**

DINÂMICA ESPAÇO-SAZONAL DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE DA ÁGUA EM UM RESERVATÓRIO SUBTROPICAL A PARTIR DE DADOS LANDSAT

Giseli Kramer; Waterloo Pereira Filho; Rafael Dezordi;
Marcos Augusto Gomes dos Santos

226 **CAPÍTULO 10**

VARIAÇÃO DO TOTAL DE SÓLIDOS EM SUSPENSÃO (TSS) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IBICUÍ DA ARMADA/RS

Janderlei Velasque Dal Osto; Waterloo Pereira Filho

244 **CAPÍTULO 11**

VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS EM ÁGUAS DE RESERVATÓRIOS DE EMPREENHIMENTO HIDRELÉTRICO

Patrícia da Silva Gomes; Assunção Andrade de Barcelos; Hudson Moraes Rocha;
João Batista Pereira Cabral; Ana Karoline Ferreira dos Santos

274 TERCEIRA PARTE **PAISAGEM**

276 **CAPÍTULO 12**

FRAGMENTOS FLORESTAIS DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO ALTO JACUÍ/RS

Patrícia Ziani; Douglas Stefanello Facco; Eliane Maria Foletto; Cássio Arthur Wollmann

296 **CAPÍTULO 13**

RADIONUCLÍDEOS NATURAIS: ÁREA DE
INFLUÊNCIA DO PARQUE NACIONAL DAS EMAS

Fernanda Luisa Ramalho; João Batista Pereira Cabral; Valter Antônio Becegato

322 **CAPÍTULO 14**

LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO USO DA TERRA DO
EMPREENHIMENTO HIDRELÉTRICO FOZ DO RIO CLARO/GO

Pollyanna Faria Nogueira; João Batista Pereira Cabral

348 **OS AUTORES**

apre- senta- ção

apresentação

A edição desta obra, intitulada **Análise integrada e estudos geográficos comparados em bacias hidrográficas de São Paulo, Goiás e Rio Grande do Sul**, visa apresentar os resultados finais dos trabalhos exibidos no IV Workshop de Pesquisa PROCAD – Estudos de Bacias Hidrográficas, realizado de 18 a 20 de setembro de 2019, na cidade de Santa Maria/RS, e que foram fruto de pesquisas realizadas entre os anos de 2014 e 2020, em nível de iniciação científica, mestrado, doutorado e pós-doutorado, nos Programas de Pós-graduação em Geografia, da Universidade de São Paulo, da Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí e da Universidade Federal de Santa Maria.

Realizadas com apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Edital CAPES 071/2013 – Processo número 88881.068465/2014-01, as pesquisas nesta obra apresentadas são resultado do trabalho de diversos pesquisadores universitários ligados à Ciência Geográfica brasileira, que, com esforço e dedicação, entregam à sociedade brasileira, professores de Geografia e geógrafos, mestres, doutores e pós-doutores em Geografia, com alto nível de excelência e competência para atuar nas mais diversas áreas da gestão integrada dos territórios, especialmente as bacias hidrográficas.

Nesse sentido, a obra foi organizada em três eixos temáticos, conforme apresentado no Projeto inicial CAPES/PROCAD, no ano de 2013, contendo 14 capítulos. O primeiro eixo apresenta resultados de oito pesquisas aplicadas da **CLIMATOLOGIA** em ambientes distintos das bacias hidrográficas gaúchas, goianas e paulistas. O segundo eixo traz três estudos em reservatórios a partir de aplicações metodológicas oriundas da **LIMNOLOGIA**. E o terceiro eixo encerra a obra com outros três estudos relacionados ao levantamento, ao monitoramento e à classificação da **PAISAGEM**.

Homenageando – *in memoriam* – os professores Ailton Luchiari (USP) e Zilda de Fátima Mariano (UFG/Jataí), a leitura do livro é também dedicada aos profissionais, pesquisadores, alunos e habitantes dos mais longínquos pontos pesquisados de três estados brasileiros, os quais contribuíram na realização das pesquisas, e no entendimento da Geografia de Bacias Hidrográficas.

Boa leitura!

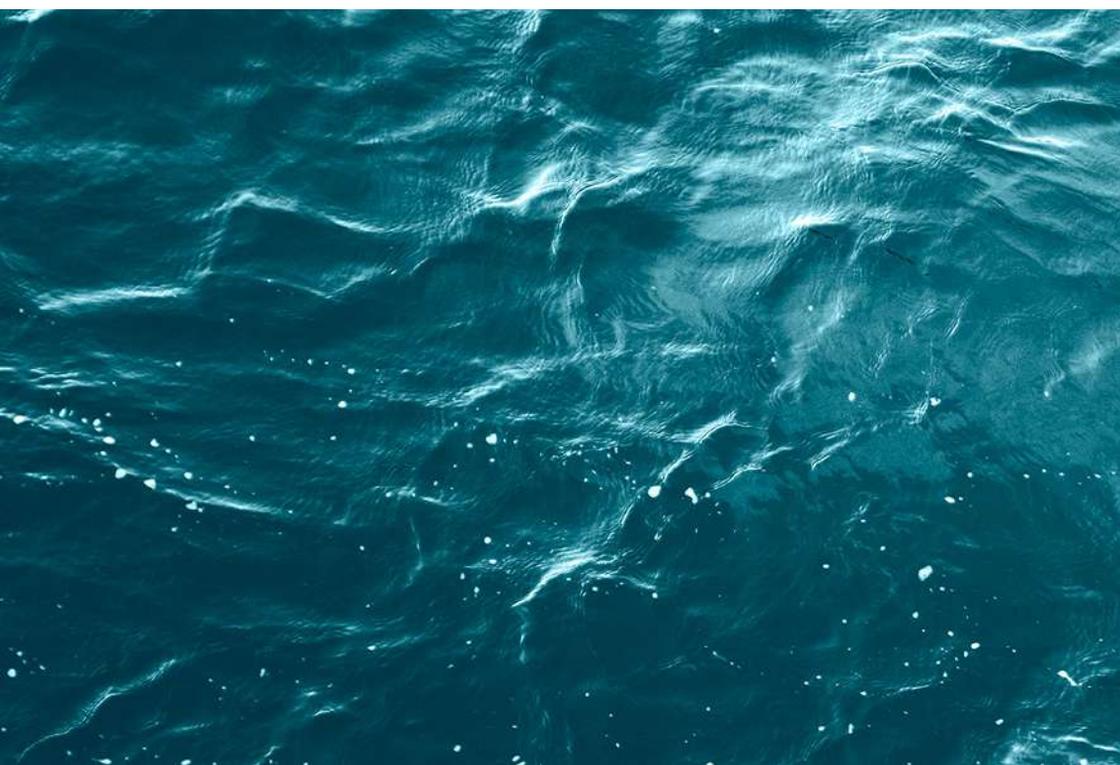
Prof. Dr. Cássio Arthur Wollmann

Prof.^a Dr.^a Eliane Maria Foletto

Prof. Dr. Waterloo Pereira Filho

PRIMEIRA PARTE climatologia





CAPÍTULO 01

PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E PRODUTIVIDADE DA *Vitis vinifera* NA REGIÃO GEOVÍTICOLA DO ALTO JACUÍ/RS

Cássio Arthur Wollmann
Emerson Galvani

Resumo

O objetivo nesta pesquisa foi analisar a produtividade da *Vitis vinifera* nos municípios com lavoura permanente da Região Geovítica do Alto Jacuí/RS, conforme Censo Agropecuário do IBGE, e sua relação com a precipitação pluviométrica e balanço hídrico climatológico entre os anos de 2004 e 2017. Fez-se relação entre precipitação pluviométrica e produtividade, cujos dados mostraram que, nos anos em que foi registrado sensível aumento na produtividade, houve pouca precipitação nas fases de floração e quantidade suficiente de chuvas na fase seguinte, a de crescimento, que envolve o enchimento dos grãos, e que será importantíssimo para a produção de vinhos. Ainda, anos nos quais observou-se quantidade de chuvas dentro do esperado na fase de crescimento, e posterior redução de chuvas na fase de colheita, também obtiveram boa produtividade, pois as condições meteorológicas sem chuva facilitam a vindima, que é realizada totalmente de forma manual na área estudada.

Palavras-chave

Precipitação pluviométrica. Balanço hídrico climatológico. Produtividade. *Vitis vinifera*. Alto Jacuí. Rio Grande do Sul.

1. A PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E A VITICULTURA

Sob uma perspectiva geográfica, o clima se constitui fator importante no processo de organização espacial da sociedade. Como organizador do espaço agrícola, é um condicionante essencial em todo o processo produtivo, isto é, as características fenológicas da cultura são quase totalmente dependentes do clima e sua variabilidade. Assim, a abordagem da climatologia geográfica torna-se relevante no estudo do espaço agrícola, principalmente por meio da análise tempo-espacial dos elementos climáticos e suas dependências em relação às diferentes culturas e seus ciclos vegetativos (RIBEIRO, 1993).

Os atributos do clima, como precipitação, temperatura, radiação solar, temperatura do ar, entre outros, exercem influência sobre todos os estágios da produção agrícola. Nesse sentido, segundo Santos (1993, p. 39), “o tempo e o clima não somente exercem ação na agricultura, mas praticamente em todas as atividades econômicas”. Nesse contexto, o homem, por meio da evolução tecnológica, procura meios e técnicas que possam auxiliar na produção agrícola, “domesticando” as plantas, pois, já que não é capaz de mudar nem o tempo nem o clima, pelo menos não na escala macro, mas com o uso de recursos corretos, pode ajustar o manejo agrícola de acordo com as condições climáticas dominantes.

Embora inúmeras variáveis devam ser consideradas para se determinar a qualidade da uva, no presente estudo leva-se em conta uma das mais importantes para a agricultura em geral, bem como para o cultivo da videira: a precipitação pluviométrica. Esse elemento climático pode ter efeitos benéficos, como fonte de água para os solos e reservatórios e como solubilização de adubos químicos, contudo também pode ter efeitos prejudiciais, principalmente quando em excesso, quando mal distribuída tanto espacialmente como temporalmente, entre as diferentes fases fenológicas, o que acarreta inúmeros prejuízos (AZAMBUJA, 1996).

Nesse sentido, Santos (1979, p. 33) afirma:

O planejamento da agricultura está na estreita dependência da distribuição anual das chuvas. Tornamos a frisar, o cultivo de certas plantas como a cana, depende mais do curso anual das precipitações do que provavelmente do seu volume anual registrado.

Da mesma maneira que a cana-de-açúcar (SOUZA; GALVANI, 2010; GOBO *et al.*, 2018), a videira também depende mais da distribuição da precipitação ao longo do ciclo vegetativo, na sua intensidade, número de dias ou de horas de chuva, do que do volume anual, pois a necessidade hídrica da videira varia ao longo do seu ciclo vegetativo.

As *Vitis vinifera* são culturas resistentes às estiagens, tanto que há regiões nas quais são produzidas sem irrigação, com precipitação pluviométrica de apenas 250 mm a 350 mm para todo o ciclo vegetativo da uva (WESTPHALEN; MALUF, 2000), pois a planta adaptou-se desenvolvendo sistema radicular que atinge profundidade superior a dez vezes seu tamanho externo. Sendo assim, a planta “busca” água profundamente, o que lhe fortalece como vegetal, produzindo bons frutos que resultarão em bons vinhos.

As chuvas de inverno têm pouca influência sobre a videira, mas são importantes para as reservas hídricas do solo, necessárias para o começo do ciclo vegetativo da planta. Durante a primavera, as chuvas são importantes para o desenvolvimento da planta, porém o excesso de chuva na floração favorece o desavinho¹ e a incidência de moléstias (WESTPHALEN; MALUF, 2000).

O excesso de chuva na fase de amadurecimento das bagas pode causar ruptura da película e a incidência de infecções por podridão (fungos e bactérias). Se as chuvas persistirem durante a fase de maturação e colheita das uvas, podem iniciar novos processos de podridão nos cachos. Por isso, o viticultor evita perdas

¹ Quando não há a formação do fruto, pois o excesso de chuva fez com que as flores caíssem pelo impacto das gotas de água.

com da prática da colheita antecipada. Após a colheita das uvas, a importância das chuvas diminui (TONIETTO, 2003).

De acordo com Mandelli *et al.* (1999a, p. 150), “sabe-se que a qualidade da uva é favorecida nos anos em que não ocorrem excessos hídricos na maturação”. Contudo Westphalen e Maluf (2000, p. 24) afirmam:

As consequências de excesso pluvial, apesar de serem um fator negativo, favorecendo a incidência de doenças, não são tão nefastas como se apregoa, por se apresentarem bem distribuídas e ocorrerem em áreas ensolaradas e bem drenadas.

Portanto, o cultivo da videira vai depender não somente da precipitação, mas também da posição, exposição solar e declividade do terreno, assim como das reservas hídricas no solo e dos efeitos negativos dos excessos ou deficiências de chuva. Se for considerada a demanda de evapotranspiração que ocorre no Rio Grande do Sul, pode-se dizer que há um adequado suprimento hídrico (WOLLMANN; GALVANI, 2014) e consequente absorção de nutrientes, não limitando a fotossíntese e proporcionando um adequado crescimento dos ramos, folhas e frutos, o que resulta em colheitas abundantes, ou seja, essas vantagens compensam o excesso hídrico (WESTPHALEN; MALUF, 2000).

Estas são características importantes, e uma safra de qualidade só será atingida com o emprego de técnicas específicas utilizadas para o cultivo da videira. O conhecimento da quantidade de água necessária para diferentes culturas é relevante, já que auxilia nos estudos de zoneamento agroclimático, assim como nos estudos que relacionam rendimento agrícola com a umidade disponível no solo.

Nesse sentido, segundo Pereira, Angelocci e Sentelhas (2002), a maneira como ocorre a distribuição de energia e de água de uma região determina o seu potencial agrícola. A disponibilidade de água depende de algumas condições, como o tipo de cobertura

vegetal, solo, radiação solar, umidade do ar e velocidade do vento. Para tanto, pode-se quantificar a disponibilidade hídrica no solo por meio do cálculo do balanço hídrico climatológico, que evidencia as variações temporais (períodos com excesso ou com deficiência), contabilizando o volume de água no solo.

De posse dos resultados obtidos pelo cálculo do Balanço Hídrico Climatológico (BHC), contabilizam-se as entradas e saídas de água no solo; as entradas ocorrem em forma de chuva, orvalho e irrigação e as saídas por evapotranspiração e escoamentos superficiais. As diferenças entre esses valores determinam o armazenamento de água no solo disponível para o desenvolvimento da planta (SANTOS; RIBEIRO, 2004).

Em geral, as culturas são mais sensíveis ao déficit hídrico durante a floração e a fase inicial de formação (frutificação) do que durante o período de crescimento vegetativo e a maturação. “Para muitas espécies, uma deficiência hídrica durante a maturação favorece a qualidade do produto, sendo até desejado que isso aconteça” (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002, p. 428). Desse modo, o método de Thornthwaite e Mather (1955) para o cálculo de Balanço Hídrico chega a um resultado que comprova a interação entre entrada (chuva) e saída (evapotranspiração) da água, permitindo verificar os períodos de excesso e de deficiência de água no solo.

De acordo com Barrios e Santanna Neto (1993, p. 255), “o calendário agrícola é planejado a partir de condições apropriadas de água e temperatura para as diferentes fases do ciclo vegetativo das culturas, visando sempre alcançar a maior produção e produtividade”. O excesso ou déficit hídrico no solo, mesmo em regiões úmidas, são fatores limitantes na produtividade agrícola, principalmente durante o ciclo da cultura, porque provoca a quebra do crescimento das plantas, alterando a qualidade e a produtividade da cultura (MOTA, 1983).

Nesse sentido, houve vários trabalhos pioneiros no Brasil relacionados à produção agrícola, os quais são referência bibliográfica

até hoje, e enfocam a disponibilidade hídrica como fator limitante do rendimento. Entre eles, destacam-se as pesquisas de Santos (1979); Barrios e Santanna Neto (1993), Bierras e Santos (2003); Santos e Ribeiro (2004).

O cultivo da videira, assim como outras culturas, tem limitações quanto à disponibilidade de água no solo e, nesse aspecto, Westphalen e Maluf (2000, p. 25) afirmam que “as necessidades hídricas da videira são satisfeitas, com excesso, pelos valores de chuva de 1200 mm a 2200 mm anuais, que ocorrem normalmente no estado do Rio Grande do Sul”.

Os altos valores de precipitação não são tão prejudiciais porque a declividade dos terrenos e as condições de drenagem e absorção de água dos solos favorecem o cultivo da videira. Contudo, de acordo com a pesquisa realizada por Westphalen e Maluf (2000, p. 42),

a não-ocorrência de deficiências hídricas para a videira caracteriza por si só a problemática da viticultura na região. Os excessos hídricos são frequentes e variam em sua intensidade em função da demanda e totais de índices pluviométricos mensais e estacionais entre anos.

Os excessos vão se concentrar, principalmente, nos subperíodos fenológicos da queda das folhas e repouso invernal, devido ao consumo mínimo de água da videira. Nessas fases, a chuva é computada como excesso, embora esse excesso favoreça a ocorrência de doenças; quando em solos bem drenados e em terrenos acidentados não há restrição no cultivo de viníferas. No entanto, provoca danos pela erosão, sendo necessária a manutenção da cobertura vegetal sobre o solo durante o inverno (WESTPHALEN; MALUF, 2000).

Os resultados da análise do clima vitícola, revelados por Tonietto e Carbonneau (1999), com base nos índices do Sistema de Classificação Climática Multicritério (Sistema CCM), mostraram

que as melhores safras apresentam um clima vitícola de valores baixos de IS (índice de seca). As boas safras de 1978, 1979, 1982, 1986, 1991 e 1999 corresponderam a valores de IS sempre inferiores a 143 mm (valores médios de 106 mm – classe do clima vitícola sub-úmido), enquanto a média para os demais anos foi de 192 mm.

Nas safras muito boas a excelentes, o clima é marcado por uma menor disponibilidade hídrica no solo. Ainda, a menor precipitação pluviométrica e a maior radiação solar global que ocorrem nestes anos, constituem-se elementos climáticos que possibilitam à uva melhores condições de maturação (TONIETTO; CARBONNEAU, 1999).

Já em trabalho mais específico, em que o objetivo era determinar a frequência de deficiência e excesso hídrico em Bento Gonçalves/RS, no período de 1961 a 1990, os resultados obtidos por Mandelli *et al.* (1999a, p. 150)

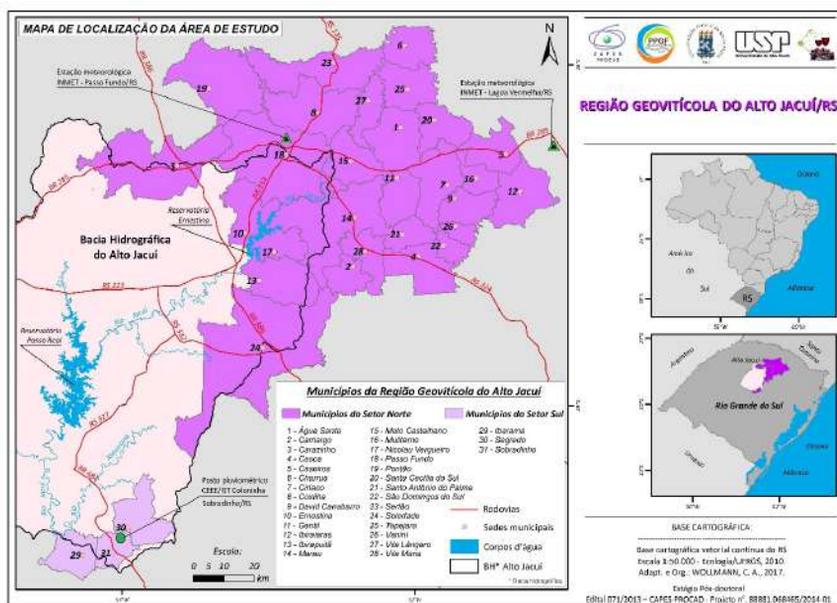
[...] mostraram que na região, em mais de 50% dos anos, ocorrem excessos hídricos nos meses de junho a outubro (total médio de 367 mm). As deficiências hídricas são mais frequentes nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março. Sabe-se que a qualidade da uva é favorecida nos anos em que não ocorrem excessos hídricos na maturação.

Sendo o vinho o subproduto direto, e principal do cultivo de uvas viníferas, seu resultado é consequência dos totais pluviométricos precipitados, e elevados totais pluviométricos são sempre maléficos às uvas e, conseqüentemente, aos vinhos. De acordo com Puckette e Hammack (2016), os principais efeitos do excesso de chuva na qualidade final dos vinhos dá-se pelo encharcamento do solo, que umidifica em excesso o sistema radicular da planta, e dilui compostos, como tanino (que dá cor à baga) e o açúcar, além de diminuir a qualidade e o rendimento dos frutos.

Considerando os trabalhos de Wollmann e Galvani (2018, 2019), ainda há lacunas nessa seara científica que podem ser sanadas e, nesta pesquisa, procura-se, portanto, analisar a produtividade da

Vitis vinifera nos municípios com lavoura permanente da Região Geovítica do Alto Jacuí/RS (Figura 01), entre os anos de 2004 e 2017, conforme Censo Agropecuário do IBGE e sua relação com precipitação pluviométrica e balanço hídrico climatológico entre os anos de 2004 e 2017.

Figura 01 – Localização da Região Geovítica do Alto Jacuí/RS



Fonte: Wollmann e Galvani (2019, p. 204)

2. MATERIAIS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para analisar a relação estatística entre a precipitação pluviométrica e produtividade da *Vitis vinifera* nos municípios com lavoura permanente na Região Geovítica do Alto Jacuí/RS, entre os anos de 2003 e 2016, foi feito, primeiramente, o levantamento

dos dados do Censo Agropecuário do IBGE relativo às uvas viníferas, tais como quantidade produzida, valor da produção, área plantada, total colhido e rendimento médio no portal IBGE Cidades². O recorte temporal foi justamente definido pela disponibilidade de dados de produção de uvas pelo portal do IBGE Cidades, logo, relações anteriores e posteriores ao referido período não puderam ser realizadas.

Os dados de precipitação pluviométrica foram coletados junto às Estações Meteorológicas Convencionais oficiais de Passo Fundo e Lagoa Vermelha (Figura 01), no estado do Rio Grande do Sul, pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), acessados *on-line* pelo Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa, alimentado pelo referido instituto (BDMEP/INMET).

Também foram coletados dados de precipitação de um posto pluviométrico da Companhia Estadual de Energia Elétrica – Geração e Transmissão, do estado do Rio Grande do Sul (CEEE-GT/RS)³, da localidade de Coloninha, no município de Sobradinho/RS (Figura 01), para o período de 2003 a 2014, para análise dos municípios do Setor Sul. Devido à menor disponibilidade de dados da CEEE-GT, o período estudado para o Setor Sul compreendeu os anos de 2003 a 2014.

No entanto, para os estudos de bioclimatologia vegetal, o uso desse segmento temporal torna-se ineficiente, uma vez que a maioria das culturas têm o ciclo vegetativo sazonal, principalmente nas regiões onde o clima se caracteriza por alternância entre estações secas e chuvosas (centro-oeste) ou de estações entre maiores e menores temperaturas médias mensais (sudeste e sul), como é o caso de soja, milho, trigo, uva, que têm um período vegetativo que não abrange os doze meses do ano, e que pode ser caracterizado como ano-safra.

Assim sendo, não foram utilizados dados dos anos civis entre 2003 e 2016, mas apenas do calendário agrícola da cultura da uva,

² <https://cidades.ibge.gov.br/>

³ Disponibilizados gentilmente pela CEEE-GT, mediante ofício de solicitação para pesquisa, referenciando-se o Projeto CAPES/PROCAD.

que se inicia em agosto e finda-se em março (CATALUÑA, 1991). Nesse sentido, foram calculados os totais mensais de agosto a março, o que representaria, portanto, o ano do calendário vitícola. Sendo assim, foram estudados 13 anos-safra para o Setor Norte e 11 para o Setor Sul.

Para o Setor Norte, foi feita a média aritmética de precipitação pluviométrica entre as estações de Passo Fundo e Lagoa Vermelha, pois há a sobreposição da influência de ambas sobre os municípios estudados (Figura 01), sendo, nesse caso, suficiente a relação entre a média dos totais pluviométricos e os dados de produtividade agrícola.

De posse dos dados, foram construídas tabelas no *software* Microsoft Excel 2010, e foram aplicados cinco (05) testes de relações estatísticas entre os dados de chuva e produtividade: Correlação de Pearson, Regressão Linear, Covariância e Regressão Polinomial de 3ª e 6ª ordem. Ao final, aplicou-se teste de significância T de Student, com intervalo de confiança de 90 % entre os dados de precipitação pluviométrica e produtividade para cada fase fenológica.

As relações estatísticas foram aplicadas separadamente para cada fase do ciclo de cultivo da videira. Sendo assim, foram previamente calculados os totais pluviométricos para cada ano-safra (de 2003 a 2014 ou 2016), sendo que os meses de agosto e setembro corresponderam ao período de brotação; outubro, à fase de floração; novembro e dezembro correspondem à fase de crescimento; e por fim, janeiro, fevereiro e março, à fase da vindima (colheita).

Ao final, aplicou-se o Balanço Hídrico Mensal, segundo o sistema de Thornthwaite e Mather (1955), com o uso das planilhas de Rolim, Sentelhas e Barbieri (1998), na série de anos definida entre 2003 e 2016, com capacidade de armazenamento (CAD) igual a 100 mm, sendo feita apenas para o Setor Norte, ou seja, com os dados mensais de temperatura média do ar e precipitação pluviométrica para as estações meteorológicas de Passo Fundo e Lagoa Vermelha, haja vista a indisponibilidade de dados para os municípios do Setor Sul.

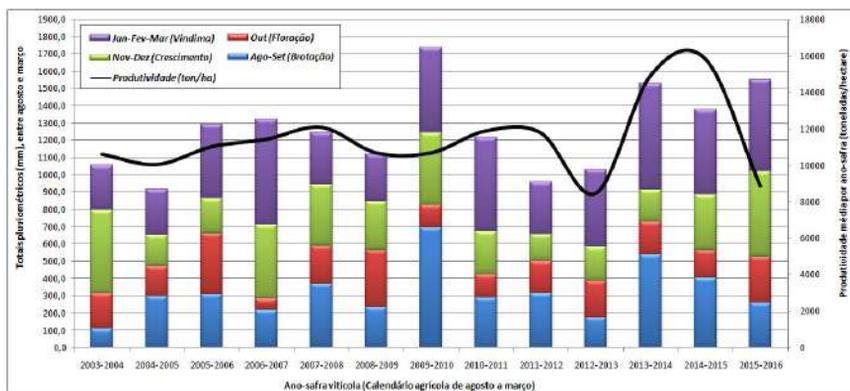
3. DA RELAÇÃO ENTRE PRODUTIVIDADE DA *VITIS VINIFERA* E A PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DA REGIÃO GEOVITÍCOLA DO ALTO JACUÍ/RS

Para uma melhor análise dos dados de precipitação e sua relação com a produtividade da videira, a análise foi dividida separadamente entre os Setores Norte e Sul da Região Geovitícola do Alto Jacuí, haja vista que a distância e a fonte dos dados pluviométricos necessitou de tal separação.

A) ANÁLISE DOS MUNICÍPIOS DO SETOR NORTE

Com base nas análises de Souza e Galvani (2010), optou-se por não fazer uma análise do total precipitado em todo o ano-safra (agosto a março), mas sim uma análise por fase do ciclo fenológico. Nesse sentido, na figura 02, apresentam-se os totais pluviométricos precipitados (mm – média entre as estações de Passo Fundo e Lagoa Vermelha, conforme detalhado na metodologia – item 4.3) por fase fenológica em cada ano-safra da vitivinicultura, entre 2003 e 2017, e produtividade média (ton/ha) nos vinte e oito municípios produtores de *Vitis vinifera* do Setor Norte da Região Geovitícola do Alto Jacuí/RS.

Figura 02 – Total pluviométrico (mm) precipitado por fase fenológica em cada ano-safra da vitivinicultura, entre 2003 e 2017, e produtividade média (ton/ha) nos municípios produtores de *Vitis vinifera* do Setor Norte da Região Geovítica do Alto Jacuí/RS



Fonte dos dados meteorológicos: Estações INMET Passo Fundo e Lagoa Vermelha

Fonte dos dados de produtividade: IBGE Cidades

De acordo com a figura 02, é possível observar que os dados de produtividade mantiveram certa homogeneidade entre os anos-safra de 2003-2004 até 2011-2012, variando entre 10 e 12 toneladas por hectare. Os quatro anos-safra seguintes registraram altas e baixas produtividades no período analisado, destacando-se dos demais, com produtividade entre 8 e 16 toneladas por hectare.

Observa-se que a safra de 2012-2013 registou a menor produtividade do período, o que pode estar associado não somente ao fato de ter sido um ano com totais pluviométricos mais baixos em comparação com outros anos, mas também, foi uma safra que seguiu-se por dois anos de baixos totais pluviométricos, diferentemente do que aconteceu na safra de 2004-2005, a qual também registrou baixos totais de chuva, mas foi precedida e sucedida por anos-safra com totais pluviométricos mais elevados, os quais podem ter recuperado as recargas de água no solo, o que é mais importante para as videiras do que necessariamente as chuvas e seus totais.

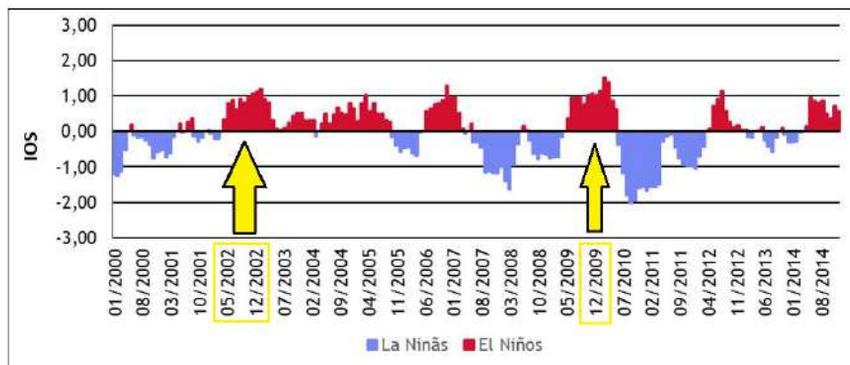
O mesmo, porém de forma contrária, pode ser analisado para a safra recorde de 2014-2015, dois anos com grandes volumes

pluviométricos (os maiores do período analisado) em que destacam-se os baixos totais pluviométricos na época da floração, ou seja, é desejável que chova pouco nessa fase, a fim de que se evite o cair das flores, as quais vão gerar os frutos. A fase seguinte – crescimento – especialmente na safra 2014-2015, registrou boa quantidade de precipitação, o que é importantíssimo para o enchimento dos grãos.

A safra de 2015-2016 registrou nova queda, a qual pode estar associada ao baixo registro de precipitação no período de brotação em comparação com os anos anteriores. O mesmo pode ser observado na safra de 2003-2004, porém cabe destacar que o final do ano de 2002 e começo de 2003 foi extremamente chuvoso, devido a um forte El Niño presente no período. Nesse sentido, mesmo tendo chovido pouco na época de brotação no ano de 2003, havia disponibilidade hídrica no solo, a qual é muito importante para o rebrote.

Na figura 03, apresenta-se a variabilidade do Índice de Oscilação Sul (IOS) e os eventos de El Niño e La Niña entre 2000 e 2014, anos que foram analisados nesta pesquisa no qual tange à relação entre precipitação pluviométrica e produtividade de *Vitis vinifera* na Região Geovítica do Alto Jacuí/RS.

Figura 03 – Variabilidade do IOS e eventos de El Niño e La Niña entre 2000 e 2014



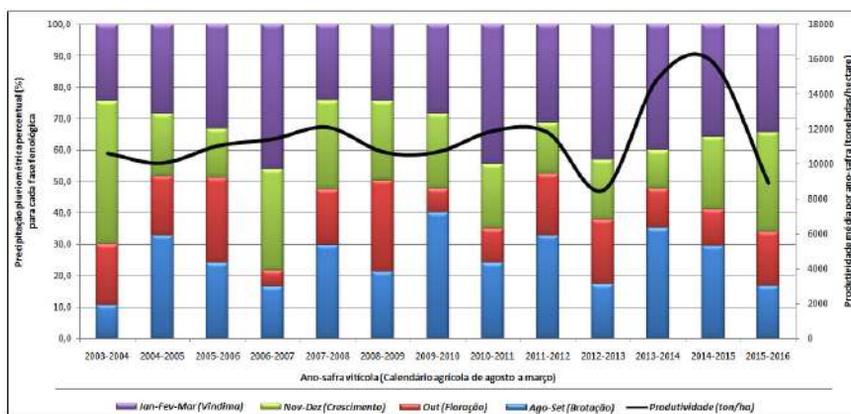
Fonte: NOAA (2018)

Ainda cabe destacar o ano-safra de 2010-2011, o mais chuvoso do período, também sob efeito de atuação de um forte El Niño no ano-safra anterior (Figura 03). No entanto, observa-se que não houve uma queda significativa da produtividade, o que pode estar associado ao pouco total precipitado durante a fase de floração, tendo, portanto, a mesma consequência do ano safra de 2014-2015, porém o excesso de chuva em outras fases pode ter dificultado o processo de aumento da produtividade, especialmente o excesso registrado na brotação.

Cabe destacar que, em um ano com totais pluviométricos acima da média, não é apenas a chuva que pode causar danos aos cultivares, mas a própria condição atmosférica que promove a precipitação favorece a diminuição da produtividade, pois, se está chovendo muito, significa que há maiores índices de nebulosidade, maior umidade atmosférica, redução das temperaturas médias, diminuição da evapotranspiração, entre outros fatores que, somados, causam algum tipo de dano em estágios específicos do calendário agrícola da planta, sem contar que tais condições atmosféricas são propícias para o desenvolvimento de fungos e pragas típicas de um ambiente mais úmido.

Para melhor analisar a relação entre os totais precipitados nas diferentes fases fenológicas e a produtividade final de cada ano-safra, na figura 04, apresentam-se os mesmos dados, porém em percentuais dos totais pluviométricos precipitados (mm – média entre as estações de Passo Fundo e Lagoa Vermelha) em cada fase fenológica e em cada ano-safra da vitivinicultura, entre 2003 e 2017, e produtividade média (ton/ha) nos vinte e oito municípios produtores de *Vitis vinifera* do Setor Norte da Região Geovitícola do Alto Jacuí/RS.

Figura 04 – Percentuais dos totais pluviométricos precipitados em cada fase fenológica e em cada ano-safra da vitivinicultura, entre 2003 e 2017, e produtividade média (ton/ha) nos municípios produtores de *Vitis vinifera* do Setor Norte da Reg. Geovíticola do Alto Jacuí/RS



Fonte dos dados meteorológicos: Estações INMET Passo Fundo e Lagoa Vermelha
 Fonte dos dados de produtividade: IBGE Cidades

De acordo com a bibliografia consultada, é sabido que quando há um menor total pluviométrico registrado nas fases fenológicas da brotação e vindima (colheita), há uma relação maior com a produtividade, tendendo esta a ser maior quando comparada com casos opostos. Tal fato se deve, no caso da brotação, ao não desavinho, ou seja, a não ocorrência de queda de flores em função do impacto meteórico das gotas provocado pelo excesso de chuva, ou até mesmo a intensidade da chuva. Dessa forma, quanto mais flores nos brotes, mais cachos serão colhidos e maior a produtividade.

No caso da vindima, o excesso de chuva pode atrapalhar de duas maneiras: primeiro, o atraso no início da colheita, ou do dia para qual foi planejado o começo desta, implicará o aumento dos níveis de açúcar na uva, o que aumentará o potencial alcoólico dos vinhos, levando a um desequilíbrio entre acidez e teor alcoólico, comprometendo a qualidade de um produto final que é resultado

de toda uma safra. Segundo, a permanência de um tempo chuvoso favorece o enchimento dos grãos, levando ao rompimento destes, que ainda podem ser atacados por fungos e pragas, bem como por pássaros, levando à diminuição do total a ser colhido.

Diante desse contexto, de acordo com a figura 04, observa-se que houve uma sensível queda na produtividade na safra de 2008-2009, fruto desse maior percentual de chuva na fase de brotação. O mesmo é observado na safra de 2012-2013, à qual ainda pode ser somado o elevado percentual de chuva no período da vindima. Nesse sentido, esse ano-safra mostra como a relação entre a quantidade de chuva nestas duas fases: brotação e vindima, quando em desequilíbrio com as exigências da planta, levam ao seu extresse, resultando em menor produtividade.

Nos anos-safra de 2013-2014 e 2014-2015, houve grande produtividade, fruto dos baixos percentuais de chuva no período da brotação. No entanto, registrando alto percentual de chuvas na vindima, porém tal fato pode não atrapalhar a produtividade final quando as chuvas não se concentram no período inicial da colheita, ou seja, a estação pode ter sido mais chuvosa no mês de março, quando já há muito pouco a ser colhido, e os meses de janeiro e fevereiro apresentaram condições ideais para o trabalho da colheita ao ar livre. No entanto, se os produtores trabalham com uvas de amadurecimento tardio, é interessante que não chova muito no final de fevereiro e no mês de março.

A safra de 2014-2015 foi a recorde também pelo fato de haver sido registrado um grande percentual de chuva precipitado na fase de crescimento, haja vista que, nessa fase, a videira necessita de água para o enchimento dos grãos. Situações semelhantes também são observadas nas safras de 2006-2007 e 2007-2008, cujos períodos de floração também não concentraram muitas chuvas.

Para melhor inferir essas conclusões, e conforme descrito na metodologia, aplicaram-se testes estatísticos para averiguar a correlação entre a precipitação pluviométrica (por fase do ciclo

vegetativo) e o total de produtividade para os diferentes anos-safrá. Os resultados podem ser observados na tabela 01.

Tabela 01 – Testes estatísticos aplicados aos dados de precipitação pluviométrica e produtividade para cada fase do ciclo vegetativo da videira, no período de 2003 a 2017, nos vinte e oito municípios produtores do Setor Norte da Região Geovítica do Alto Jacuí/RS

Testes	Ago-Set	Out	Nov-Dez	Jan-Fev-Mar
Estatísticos	Brotação	Floração	Crescimento	Vindima
<i>Coeficiente de Pearson - P</i>	0,45	-0,26	0,18	0,29
<i>Regressão Linear - R</i>	0,20	0,06	0,03	0,08
<i>Covariância (cov)</i>	13,19	-3,88	4,22	7,44
<i>Regressão Polinomial (3ª) - R²</i>	0,20	0,08	0,28	0,32
<i>Regressão Polinomial (6ª) - R²</i>	0,45	0,10	0,81	0,39
Teste T de Student	2,37	1,81	2,13	2,79

Fonte: os autores

De acordo com o testes aplicados, as relações estatísticas apresentaram resultados baixos, pois a produtividade de um cultivar complexo, como a videira, não apresenta uma relação direta com a precipitação, haja vista que há uma infinidade de elementos (físicos e humanos) envolvidos em seu manejo.

No entanto, observa-se que, no Coeficiente de Pearson, há uma maior relação da precipitação com a produtividade na fase de brotação, denotando que é importante haver disponibilidade hídrica nessa fase para o pleno desenvolvimento da planta. Ainda, há uma relação de 0,29 entre a vindima e a produtividade final, mostrando que esses totais são importantes para o resultado final. Em situação oposta, a floração apresenta-se negativa, o que, na verdade, significa uma relação inversa, ou seja, torna-se necessário chover pouco nessa fase para que a produtividade seja maior.

A regressão linear (R) apresentou valores muito baixos para esses dados. A covariância, cujos números devem ser olhados como

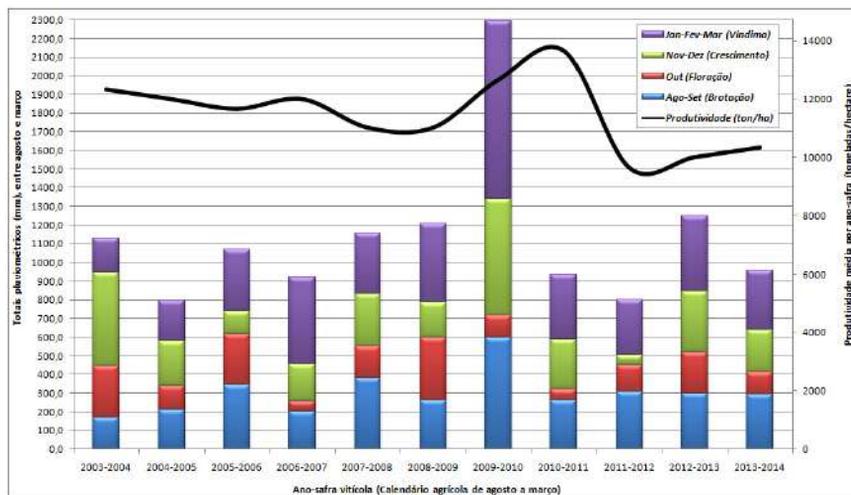
positivos e negativos, mostram a relação direta entre a precipitação pluviométrica e as fases de brotação, crescimento e vindima e relação inversa com a floração, tal qual os resultados de Pearson.

As regressões polinomiais são bastante indicadas para os estudos de correlação entre precipitação pluviométrica e produtividade, conforme salienta Gomes *et al.* (2015). De posse dos resultados, observa-se que a regressão polinomial em terceira ordem não apresenta valores significativos para as fases fenológicas da videira e sua relação com a precipitação. No entanto, ao calcular-se com a sexta ordem, evidencia-se o aumento, especialmente para a fase de crescimento, ou seja, o crescimento e enchimento dos grãos é a fase que mais necessita de água, a qual é absorvida pelas raízes que estão no solo, mas sua origem é essencialmente pluvial. Por fim, foi realizado o teste de significância T de Student, com intervalo de confiança de 90%. Ao final, os dados mostraram que estão contidos na amostra, pois os resultados finais foram maiores que 0,1.

B) ANÁLISE DOS MUNICÍPIOS DO SETOR SUL

Da mesma forma com a qual os dados foram analisados para o Setor Norte, procurou-se analisar os dados dos municípios do Setor Sul. Nesse sentido, na figura 05, apresentam-se os dados dos totais pluviométricos (mm) precipitados por fase fenológica em cada ano-safra e produtividade média (ton/ha).

Figura 05 – Total pluviométrico (mm) precipitado por fase fenológica em cada ano-safra da vitivinicultura, entre 2003 e 2014, e produtividade média (ton/ha) nos municípios produtores de *Vitis vinifera* do Setor Sul da Região Geovítica do Alto Jacuí/RS



Fonte dos dados meteorológicos: Posto pluviométrico de Coloninha (Sobradinho/RS) – CEEE-GT

Fonte dos dados de produtividade: IBGE Cidades

De acordo com a figura 05, observando-se a produtividade no período analisado, entre os anos-safra de 2003-2004 até 2008-2009, observou-se uma contínua diminuição da produtividade, desde um pouco mais de 12 toneladas por hectare, e 2003-2004 até próximo de 11 toneladas por hectare, em 2008-2009. A partir dessa safra, os dois anos seguintes registraram recordes consecutivos de 13 e quase 14 toneladas por hectare, retornando para cerca de 10 toneladas por hectare nas safras de 2012 a 2014, com uma leve tendência de aumento.

Em comparação com os dados apresentados nos municípios do Setor Norte, os municípios do Setor Sul têm praticamente a mesma produtividade para os períodos analisados. Para o Setor Norte, a produtividade média do período 2003-2014 foi de 11,25 toneladas por hectare, enquanto que para o Setor Sul, a produtividade foi de 11,49 toneladas por hectare.

No que tange aos valores pluviométricos, chama a atenção o recorde de produção ocorrer justamente em um ano de baixos totais, como é o caso do ano-safra 2010-2011. Esse resultado pode ser explicado por dois fatores: primeiro, houve um excedente hídrico do ano-safra anterior, que foi considerado o mais chuvoso entre todos os anos analisado, logo, havia disponibilidade hídrica no solo para a safra seguinte, não sendo necessária uma quantidade de chuva que necessitasse repor as recargas de água no solo; segundo, foi uma safra na qual registrou-se baixa precipitação no período da floração, o que é excelente para os resultados de produtividade ao final da colheita, os quais podem ser associados com totais pluviométricos dentro da média nos meses da vindima em 2011.

O ano-safra seguinte (2011-2012) chama atenção por ser o de menor produtividade, ou seja, o ano mais produtivo e o menos produtivo estão em sequência. Isso se explica, pois o ano-safra de 2011-2012 também registrou baixos volumes pluviométricos, logo, vem a ser o segundo ano consecutivo de baixos registros de chuva, não havendo, portanto, disponibilidade hídrica no solo para a cultura.

Além disso, é importante destacar que, nessa safra, houve uma insignificante precipitação justamente no período de crescimento, ou seja, no período quando a água é de suma importância para o enchimento dos grãos. Como consequência, grãos pequenos, com pouca água, elevada acidez, doçura e taninos, o que confere baixa qualidade e desequilíbrio às propriedades dos vinhos produzidos.

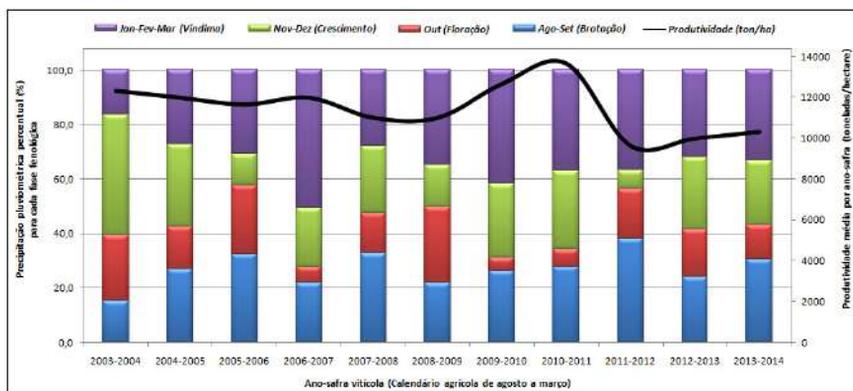
Os anos-safra seguintes (2012-2013 e 2013-2014) voltam, novamente, a registrar tendência de aumento da produtividade, haja vista que os totais pluviométricos registrados foram maiores, bem como demonstram equilíbrio entre as fases fenológicas, especialmente baixa precipitação na floração. Ainda, merece destaque o ano-safra de 2006-2007, o qual registrou um leve aumento na produtividade, o que pode estar atrelado ao registro pluviométrico do ano anterior e à baixa precipitação na floração.

Estes quatro anos-safra, 2005-2006, 2006-2007, 2012-2013 e 2013-2014 têm algo em comum: dois deles (2005-2006 e 2012-2013) têm um total pluviométrico registrado maior em comparação ao ano-safra que o sucedeu (2006-2007 e 2013-2014), e esse ano-safra que sucedeu, o que registrou maior precipitação, em geral apresentou aumento sensível na produtividade, e ambos tiveram pouca chuva no período de floração e totais dentro da normalidade nos períodos de crescimento e enchimento dos grãos.

A mesma situação também é observada para os municípios do Setor Norte, especialmente nas safras de 2010-2011 para 2011-2012 e 2013-2014 para 2014-2015. Nesse sentido, a pesquisa vai ao encontro de uma provável resposta sobre a relação entre precipitação pluviométrica e produtividade da uva: anos-safra com maiores totais pluviométricos sucedidos por anos-safra com sensível redução dos mesmos totais, e calendários agrícolas cujas fases de floração e crescimento tenham, respectivamente, redução e aumento de precipitação, e vindima sem a presença de grandes excedentes pluviométricos nas datas definidas pelos vitivinicultores podem ser os anos de melhores safras de *Vitis vinifera* no Alto Jacuí.

Para melhor analisar a relação entre os totais precipitados nas diferentes fases fenológicas e a produtividade final de cada ano-safra, apresentam-se, na figura 06, os mesmos dados, porém em percentuais dos totais pluviométricos precipitados (mm) em Colônia, Sobradinho/RS, em cada fase fenológica e em cada ano-safra da vitivinicultura, entre 2003 e 2014, e produtividade média (ton/ha) nos três municípios produtores de *Vitis vinifera* do Setor Sul da Região Geovítica do Alto Jacuí/RS.

Figura 06 – Percentuais dos totais pluviométricos precipitados em cada fase fenológica e em cada ano-safra da vitivinicultura, entre 2003 e 2017, e produtividade média (ton/ha) nos municípios produtores de *Vitis vinifera* do Setor Sul da Região Geovitícola do Alto Jacuí/RS



Fonte dos dados meteorológicos: Posto pluviométrico de Coloninha (Sobradinho/RS) – CEEE-GT
 Fonte dos dados de produtividade: IBGE Cidades

Conforme analisado anteriormente, os anos que registraram sensível aumento na produtividade foram justamente aqueles que tiveram pouca precipitação nas fases de floração e quantidade suficiente de chuvas na fase seguinte, a fase de crescimento.

De acordo com a figura 06, é interessante analisar o comportamento inverso entre os percentuais precipitados nas fases de floração e crescimento dos anos-safra de 2003-2004, 2004-2005 e 2005-2006. Nota-se, no gráfico, que a quantidade de chuvas foi aumentando a cada safra na fase de brotação, e inversamente, diminuindo a quantidade na fase seguinte, a de crescimento. Em outras palavras, ano após ano, diminuía-se o número de flores, que geravam menos grãos, e havia, a cada ano, menos água para encher esse número decrescente de grãos, o que resultou na tendência de queda consecutiva na produtividade nos três anos seguidos e efeito direto na qualidade dos vinhos produzidos.

No ano-safra seguinte (2006-2007), a situação inverte-se: menores totais percentuais de precipitação da floração, e maiores no crescimento, e o resultado foi o sensível aumento da produtividade. Apesar de elevado total precipitado na fase da vindima, é provável que tenham ocorrido chuvas convectivas isoladas, ou episódios frontais de grande volume precipitado, os quais podem não ter afetado a colheita, mas somente uma análise climática mais pormenorizada poderia dar essa resposta.

Ainda, os anos-safra de 2009-2010 e 2010-2011, que foram os mais produtivos, observa-se uma semelhança muito grande entre os percentuais precipitados entre as quatro fases do ciclo fenológico da videira que mais necessitam de água. Em termos gerais, praticamente a mesma quantidade para as fases de brotação e crescimento (pois justamente precisam de água, já que são fases de aumento de biomassa), pouca chuva na floração (para que o impacto das gotas de chuva não causem a queda das flores), e precipitação dentro da normalidade, sem a ocorrência de eventos extremos, para a vindima.

Semelhante situação observa-se nas safras de 2012-2013 e 2013-2014, ainda que tenha ocorrido um pouco mais de percentual de chuvas na fase de floração, mas a sensível redução na última safra analisada repercutiu no retorno de aumento da produtividade em comparação com o ano anterior.

Assim como foi feito para os municípios do Setor Norte, aplicaram-se testes estatísticos para averiguar a correlação entre a precipitação pluviométrica (por fase do ciclo vegetativo) e o total de produtividade para os diferentes anos-safra nos municípios do Setor Sul. Os resultados podem ser observados na tabela 02.

Tabela 02 – Testes estatísticos aplicados aos dados de precipitação pluviométrica e produtividade para cada fase do ciclo vegetativo da videira, no período de 2003 a 2017, nos três municípios produtores do Setor Sul da Região Geovíticola do Alto Jacuí/RS

Testes	Ago-Set	Out	Nov-Dez	Jan-Fev-Mar
Estatísticos	Brotação	Floração	Crescimento	Vindima
<i>Coefficiente de Pearson - P</i>	0,03	-0,28	0,46	0,24
<i>Regressão Linear - R</i>	0,20	0,06	0,03	0,08
<i>Covariância (cov)</i>	3,84	-2,88	8,34	5,39
<i>Regressão Polinomial (3ª) - R²</i>	0,29	0,10	0,19	0,34
<i>Regressão Polinomial (6ª) - R²</i>	0,38	0,35	0,48	0,43
Teste T de Student	3,42	2,64	3,55	4,77

Fonte: os autores

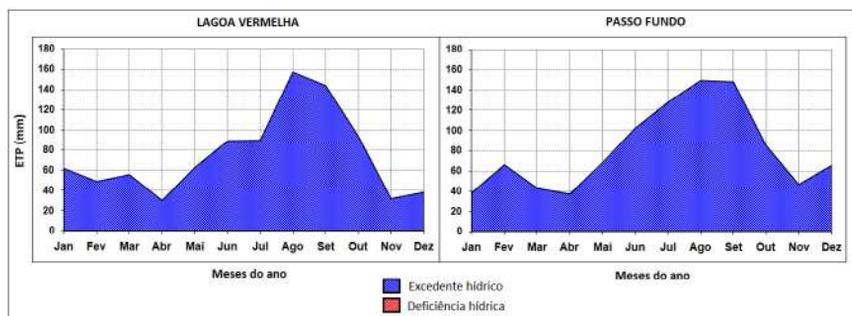
Depois de aplicados os testes, observou-se que os municípios do Setor Sul apresentam uma correlação menor no que tange à precipitação pluviométrica e à produtividade da videira em comparação com os municípios do Setor Norte. No entanto, os dados apresentam a mesma direção de conclusões, ou seja, há relação inversa entre a floração e as chuvas (Coeficiente de Pearson e Covariância), e a fase de crescimento mostrou-se a mais importante (maiores relações – Coeficiente de Pearson e Regressão Polinomial de sexta ordem) para com os dados de precipitação. A regressão linear (R) não se mostrou eficiente para demonstrar a relação entre precipitação e produtividade nas fases fenológicas da *Vitis vinifera*.

Quando aplicados e comparados os dados de regressão polinomial, tanto de terceira como de sexta ordem, evidenciou-se que a relação é inferior em comparação com os municípios do Setor Norte, sendo que o polinômio de sexto grau apresentou uma homogeneidade entre as quatro fases fenológicas e a produtividade final de acordo com a precipitação em cada uma delas. Resultados obtidos pelo teste de significância T de Student, com intervalo de confiança de 90%. Ao final, os dados mostraram que estão contidos na amostra, pois os resultados finais foram maiores que 0,1.

C) DO BALANÇO HÍDRICO DOS ANOS-SAFRA (2003 A 2016) PARA O SETOR NORTE

Em um primeiro momento, apenas com a finalidade de caracterização da Evapotranspiração Potencial (ETP) da área de estudo e seu balanço hídrico, conforme Método de Thornthwaite e Mather (1955), adaptado por Rolim, Sentelhas e Barbieri (1998), fizeram-se os cálculos deste parâmetro climatológico para as estações meteorológicas de Lagoa Vermelha e Passo Fundo. Utilizaram-se os dados de temperatura do ar (média mensal) e precipitação pluviométrica das Normais climatológicas de 1961 a 1990 (Figura 07).

Figura 07 – Balanço Hídrico Climatológico Mensal das Normais Climatológicas das estações meteorológicas de Lagoa Vermelha e Passo Fundo/RS – Setor Norte da Região Geovíticola do Alto Jacuí/RS



Fonte dos dados meteorológicos: Estações INMET Passo Fundo e Lagoa Vermelha

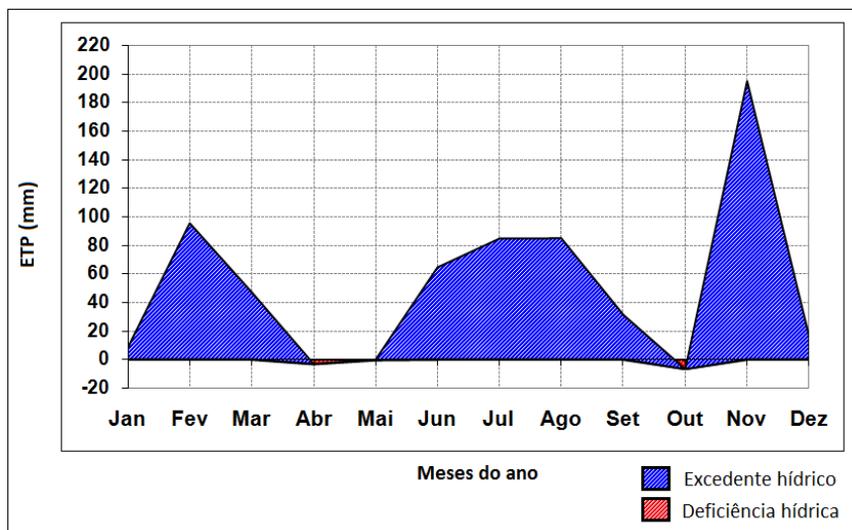
De acordo com os dados apresentados na figura 07, é possível notar que ambas estações não possuem meses com deficiência hídrica, o que é esperado para o clima subtropical brasileiro (ROLIM; SENTELHAS; BARBIERI, 1998). Há uma redução da ETP para os meses entre junho e outubro, cujo ápice registra-se em agosto, que correspondem aos meses invernais e primaveris, com menores médias de temperatura do ar e, conseqüentemente, ocorre maior excedente hídrico no solo.

Situação oposta observa-se entre os meses de novembro a maio (meses de primavera, verão e outono), com aumento das médias de temperatura do ar e conseqüentemente da ETP, gerando menores excedentes hídricos no solo. A variabilidade da ETP e do excedente hídrico é igualmente observado para ambas as estações meteorológicas analisadas (Passo Fundo e Lagoa Vermelha), cujos extremos são observados nos meses de abril (mínimo de excedente hídrico) e agosto (máximo de excedente hídrico).

É interessante destacar que essa situação de excedente hídrico em todos os meses do ano ocorreu nas duas estações meteorológicas para a maioria dos anos-safra entre os anos de 2003 e 2016, com exceção para os anos-safra de 2003-2004 e 2004-2005, pois foram registradas deficiências hídricas para os meses de janeiro a março, haja vista se tratarem de anos com ocorrência de forte evento de La Niña (Figura 03). No entanto, entre os três primeiros meses do ano, ocorre a colheita (vindima) da uva, e registrar menores totais pluviométricos nessa fase fenológica favorece a otimização da colheita, seja ela manual ou mecanizada. Sendo assim, não se registraram reduções ou aumentos significativos da produtividade nessas duas safras (Figuras 02 e 04).

No que concerne ao emprego do balanço hídrico climatológico (BHC) para auxiliar na busca de respostas à produtividade agrícola de determinada cultura, na figura 08 apresenta-se o BHC para o ano de 2006 da estação meteorológica de Lagoa Vermelha/RS.

Figura 08 – Balanço Hídrico Climatológico Mensal para o ano de 2006 da estação meteorológica de Lagoa Vermelha/RS – Setor Norte da Região Geovitícola do Alto Jacuí/RS



Fonte dos dados meteorológicos: Estações INMET Passo Fundo e Lagoa Vermelha

Conforme a figura 08, observa-se que houve reduzida deficiência hídrica na transição de abril para maio, e em outubro. De acordo com o observado na figura 32, o mês de abril tem a tendência de ser o mês com o menor excedente hídrico do ano. Porém, no calendário agrícola da videira, abril já é um mês no qual são realizadas podas para que a planta entre em estado de dormência com a aproximação do fim do outono e meses inverniais, logo, a redução das precipitações nessa fase não afeta diretamente a produção agrícola.

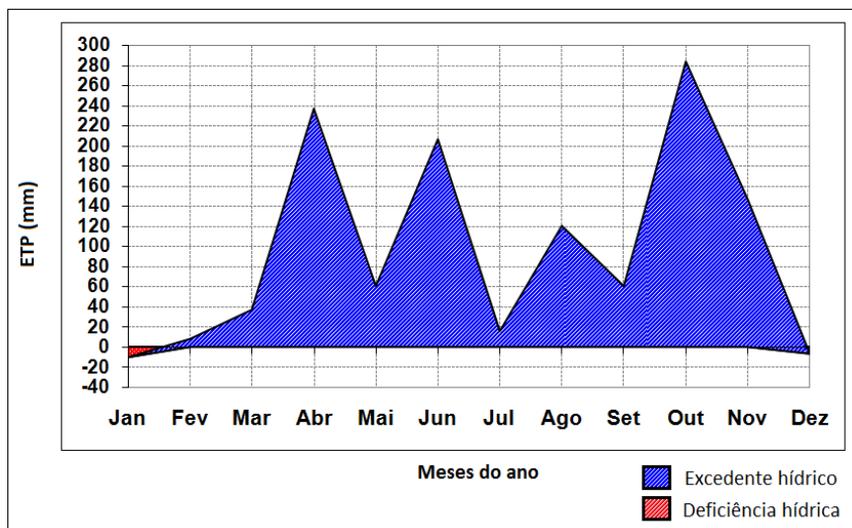
Entretanto o mês de outubro do ano de 2006 (figura 08) registrou sensível deficiência hídrica, a qual pode ter sido um dos motivos para o aumento da produtividade registrada no ano-safra de 2006-2007 (Figuras 02 e 04). Durante o mês de outubro, no calendário fenológico vitícola, tem-se o mês da floração,

ou seja, é o mês no qual há o desenvolvimento das flores que darão origem aos frutos (bagas) dos quais será extraído o mosto para a produção de vinho.

Nesse sentido, durante a floração, registrar menores totais pluviométricos significa redução da perda do número de flores ocasionada pelo impacto das gotas de água da chuva com as pequenas flores da videira, o que, em caso de aumento das precipitações, acarretaria maiores perdas de flores e, conseqüentemente, de frutos e produtividade final.

Outro ano que merece destaque do BHC com vistas a explicar o aumento da produtividade em comparação com o ano-safra anterior foi o ano de 2008 (ano-safra 2007-2008). Durante esse período, registrou-se deficiência hídrica de 15 mm no mês de janeiro (Figura 09), que, de acordo com o calendário agrícola da videira, é um mês de vindima.

Figura 09 – Balanço Hídrico Climatológico Mensal para o ano de 2008 da estação meteorológica de Passo Fundo/RS – Setor Norte da Região Geovítica do Alto Jacuí/RS

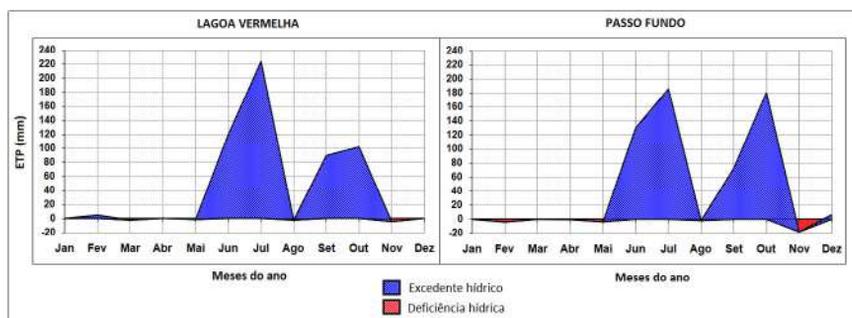


A deficiência hídrica registrada no mês de janeiro de 2008 para a estação meteorológica de Passo Fundo/RS (Figura 09) pode ser uma das causas para o aumento da produtividade no ano-safra de 2007-2008, sendo a maior produtividade registrada no período de 2003 a 2012. Assim como referido anteriormente, os anos-safra de 2003-2004 e 2004-2005 também registraram deficiência hídrica para o mês de janeiro, mas também fevereiro e março.

Tais safras não registraram as maiores taxas de produtividade do período, pois todo o ano-safra (meses de agosto a março) registrou totais de precipitação abaixo do esperado para a cultura, que é de 1100 mm de acordo com Nemeth (1972), enquanto que o ano-safra de 2007-2008 registrou deficiência apenas no mês de janeiro, mas os totais pluviométricos de todo o ciclo fenológico ficaram dentro da média esperada, ou seja, acima de 1100 mm.

Nem sempre as duas estações meteorológicas da área de estudo registram deficiência hídrica no mesmo mês e ano, como observado nas figuras 08 e 09, o que responde claramente à dinâmica do clima regional. Assim como nos anos-safra de 2003-2004 e 2004-2005, somente os anos-safra 2011-2012 e 2012-2013 registraram deficiência hídrica para as estações meteorológicas de Lagoa Vermelha e Passo Fundo/RS (Figura 10).

Figura 10 – Balanço Hídrico Climatológico Mensal, para o ano de 2012, das estações meteorológicas de Lagoa Vermelha e Passo Fundo/RS – Setor Norte da Região Geovítica do Alto Jacuí/RS



Fonte dos dados meteorológicos: Estações INMET Passo Fundo e Lagoa Vermelha

De acordo com a figura 10, o ano civil de 2012 registrou um período de balanço hídrico quase nulo entre os meses de janeiro e maio, com ETP oscilando entre 7,0 mm e -5,0 mm, em Passo Fundo, e entre 0,0 mm e -10,0 mm, em Lagoa Vermelha, além do mês de novembro, com deficiência hídrica de até -20,0 mm em Lagoa Vermelha.

A deficiência hídrica ocorreu nas fases fenológicas de colheita e poda, fases nas quais não há mais tanta necessidade hídrica, e até favorecendo a colheita, levando a um aumento da produtividade no ano-safra 2011-2012, conforme observado nas figuras 02 e 04 e em comparação com os dois anos-safra anteriores, mesmo com os totais de chuva ficando abaixo de 1100 mm. No entanto, houve boa precipitação nas fases fenológicas mais dependentes desse elemento climático.

O mesmo não pode ser analisado para a produtividade do ano-safra de 2012-2013. A precipitação pluviométrica total do calendário agrícola abaixo do esperado, e com registro de deficiência hídrica no mês de novembro para as duas estações meteorológicas, lembrando-se que mês de novembro é período de enchimento e crescimento dos grãos. Nesse sentido, a redução da precipitação em todas as fases fenológicas do calendário agrícola do ano-safra 2012-2013, especialmente no período de enchimento dos grãos (novembro), período no qual a videira mais necessita de água, levou à redução da produtividade e pode ser considerado o ano-safra de pior rendimento do período analisado (2003-2016).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da realização da pesquisa, constatou-se que a atividade vitícola na região ocorre desde 1995. Sendo assim, o terceiro objetivo foi analisar a produtividade da *Vitis vinifera* nos municípios com lavoura permanente, entre os anos de 2004 e 2017, conforme Censo Agropecuário do IBGE e sua relação com a

precipitação pluviométrica e balanço hídrico climatológico entre os anos de 2004 e 2017. O recorte temporal estabelecido deu-se exclusivamente pela existência dos dados de produtividade.

Os dados mostraram que os anos nos quais foi registrado sensível aumento na produtividade foram justamente aqueles que tiveram pouca precipitação nas fases de floração e quantidade suficiente de chuvas na fase seguinte, a de crescimento, que envolve o enchimento dos grãos, e que será importantíssimo para a produção de vinhos.

Ainda, anos nos quais observou-se quantidade de chuvas dentro do esperado na fase de crescimento, e posterior redução de chuvas na fase de colheita, também obtiveram boa produtividade, pois as condições meteorológicas sem chuva facilitam a vindima, que é realizada totalmente de forma manual na área estudada.

5. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Edital CAPES 071/2013 – Processo número 88881.068465/2014-01. Ao Departamento de Geografia e ao Programa de Pós-graduação em Geografia Física, da Universidade de São Paulo, pelo aceite e apoio durante toda a execução do estágio pós-doutoral, e ao Departamento de Geociências, da UFSM, pela autorização de afastamento para realização desta pesquisa (Portaria UFSM nº 85.076, de 28 de julho de 2017).

6. LISTA DE SIGLAS

BDMEP – Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa
BHAJ – Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí
BHC – Balanço Hídrico Climatológico
CAD – Capacidade de Armazenamento
CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CCM – Classificação Climática Multicritério
CEEE/GT – Companhia Estadual de Energia Elétrica/Geração e Transmissão
COV – Covariância
ETP – Evapotranspiração Potencial
FEPAGRO – Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBRAVIN – Instituto Brasileiro do Vinho
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MRG – Microrregião Geográfica
OMM – Organização Mundial Meteorológica
P – Coeficiente de Pearson
PROCAD – Programa Nacional de Cooperação Acadêmica/CAPES
R – Regressão Linear
R2 – Regressão Polinomial
SEMA/RS – Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

7. BIBLIOGRAFIA E REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZAMBUJA, J. M. V. **O solo e o clima na produtividade agrícola**. Guaíba: Agropecuária, 1996.

BIERAS, A. R.; SANTOS, M. J. Z. Condições climáticas e incidências de pragas e doenças na cultura de citros nas principais regiões produtoras do Estado de São Paulo. *In*: GERARDI, L. H. de O. (org.). **Ambientes** estudos de geografia. Rio Claro: AGETEO/UNESP, 2003. p. 135-149.

BARRIOS, N. A. Z.; SANTANNA NETO, J. L. Variabilidade pluviométrica e atividades agrícolas na região de Presidente Prudente – SP. *In*: SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 5., 1993, São Paulo. **Anais** [...]. São Paulo: USP, 1993.

CATALUÑA, E. **As uvas e os vinhos**. 3. ed. São Paulo: Globo, 1991.

GOBO, J. P. A. *et al.* Variabilidade climática em episódios ENOS na produtividade da cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) nos municípios de Cambé e Mirador – PR. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 23, p. 72-87, 2018.

MANDELLI, F. *et al.* Ocorrência de deficiência e excesso hídrico na Região Vitivinícola da Serra Gaúcha. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE VITICULTURA E ENOLOGIA, 9., 1999a, Bento Gonçalves. **Anais** [...]. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 1999a. p. 150.

MANDELLI, F. *et al.* Zoneamento climático para a produção de uvas e vinhos de qualidade – Índice heliotérmico para o estado do Rio Grande do Sul. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE VITICULTURA E ENOLOGIA, 9., 1999b, Bento Gonçalves. **Anais** [...]. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 1999b. p. 150.

MANDELLI, F.; TONIETTO, J. *et al.* Classificação climática dos períodos de maturação das safras vitícolas de 1977 a 2003. *In*: Congresso Brasileiro de Viticultura e Enologia, 10., 2003, Bento Gonçalves. **Anais** [...] X Congresso Brasileiro de Viticultura e Enologia. Bento Gonçalves: 2003.

MALUF, J. R. T.; CAIAFO, M. R. R. Regiões ecoclimáticas do estado do Rio Grande do Sul. *In*: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 12., 2000, Santa Maria. **Anais** [...] XII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Santa Maria: UFSM, 2000, p. 151-152.

MOTA, F. S. da. **Meteorologia agrícola**. São Paulo: Nobel, 1983.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002.

PUCKETTE, M.; HAMMACK, J. **O guia essencial do vinho**: Wine Folly. Paris: Wine Folly, 2016. Tradução: Lucas Cordeiro e Renato Ferreira Pires. E-book.

RIBEIRO, A. G. A. Climatologia Geográfica e a Organização do Espaço Agrário. **Boletim de Geografia Teorética**. Rio Claro: AGETEO, v. 23, n. 45-46, p. 34-38, 1993.

ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 1. p. 133-137. 1998.

SANTOS, M. J. Z. Tendências das chuvas no nordeste paulista e problemas ligados com pesquisas em climatologia agrícola. **Boletim de Geografia Teorética**, v. 23, p. 39-45, 1993.

SANTOS, M. J. Z. **A importância da variação do regime pluviométrico para a produção canavieira na região de Piracicaba (SP)**. 1979. 69 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1979.

SANTOS, E. R.; RIBEIRO, A. G. Clima e agricultura no município de Coromandel (MG). **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, n. 5, v. 13, p. 122-140, 2004.

SOUZA, I. A.; GALVANI, E. Clima e produtividade da cana-de-açúcar na microrregião de Campo Mourão, PR, sul do Brasil. *In*: SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA; II SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, 6, Coimbra, Portugal. **Anais [...]**. Coimbra, Portugal, 2010. 1 CD-ROM.

TONIETTO, J. Afinal, o que é um *terroir*? **Revista Bon Vivant**, v. 8, n. 98, p. 8-9, 2007.

TONIETTO, J.; MANDELLI, F.; WEBER, E.; HASENACK, H. Zonage climatique viticole et cartographie numérique du Rio Grande do Sul - Brésil, par les indices du Système CCM Géoviticole. *In*: CONGRÈS INTERNATIONAL DES TERROIRS VITICOLES 2006. 6. **Anais [...]** p. 21-26, 2006.

TONIETTO, J.; MANDELLI, F. **Uvas viníferas para processamento em regiões de clima temperado**. Disponível em: <http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/sprod/viviferas/clima.htm>. 2004.

TONIETTO, J. Clima. *In*: KUHN, G. B. (org). **Uvas para processamento. Produção. Aspectos técnicos**: Embrapa Uva e Vinho (Bento Gonçalves). Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 27-33p.

TONIETTO, J.; CARBONNEAU, A. A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 124, n.1-2, 81-97, 2004.

TONIETTO, J.; CARBONNEAU, A. Análise Mundial do Clima das regiões vitícolas e de sua influência sobre a tipicidade dos vinhos. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE VITICULTURA E ENOLOGIA, 9., 1999. Bento Gonçalves. **Anais** [...], Bento Gonçalves, 1999.

TONIETTO, J. **Les macroclimats viticoles mondiaux et l'influence du mésoclimat sur la typicité de la Syrah et du Muscat de Hambourg dans le sud de la France: méthodologie de caractérisation.** Thèse Doctorat. Montpellier: Ecole Nationale Supérieure Agronomique, 1999.

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

WESTPHALEN, S. L.; MALUF, J. R. T. **Caracterização das Áreas Bioclimáticas para o Cultivo de *Vitis vinifera* L.- Regiões da Serra do Norte e Planalto do Estado do Rio Grande do Sul.** Brasília: Embrapa comunicação para Transferência de Tecnologia; Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2000.

WOLLMANN, C. A.; GALVANI, E. Alto Jacuí/RS – demarcação da zona de produção vitivinícola. *In*: MORATO, R. G. *et al.* (org.). **Análise integrada em bacias hidrográficas: estudos comparativos com distintos usos e ocupação do solo.** São Paulo: FFLCH/USP, 2019. p. 171-212. DOI 10.11606/9788575063781.

WOLLMANN, C. A.; GALVANI, E. Sistema de Classificação Climática Multicritérios (CCM) aplicado à Região Geovítica do Alto Jacuí/RS. *In*: GALVANI E.; GOBO, J. P. A.; LIMA, N. G. B. de (org.). **Climatologia Aplicada II.** Curitiba: CRV, 2018, v. 1, p. 57-70.

WOLLMANN, C. A.; GALVANI, E. **Zoneamento Agroclimático - Aportes teóricos, metodológicos e técnicas para o estudo das roseiras (*Rosaceae* spp.) no Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Buqui Livros Digitais, 2014. v. 1. 149 p.

WOLLMANN, C. A.; GALVANI, E. A percepção e cognição climática dos agricultores e pesquisadores como subsídio ao cultivo de roseiras no Rio Grande do Sul. **Revista Ciência & Natura**, Santa Maria, v. 35. n. 1. p. 75-81, 2013.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). **Guide to the global observing system**. n. 488, Geneve, Switzerland. 172 p. 2010.



CAPÍTULO 02

UNIDADES CLIMÁTICAS URBANAS DE SALTO DO JACUÍ/RS

*Ismael Luiz Hoppe
Cássio Arthur Wollmann*

Resumo

A presente pesquisa consistiu em identificar as unidades climáticas da área urbana de Salto do Jacuí/RS. A aquisição dos dados de temperatura e umidade relativa do ar se deu por meio da metodologia de transectos móveis. Para isso, estabeleceram-se dois transectos que cruzaram a cidade nos sentidos Norte-Sul e Leste-Oeste, nos horários das 06, 15 e 21 horas. Cada percurso teve uma média de 5 km, que foram percorridos em 45 minutos. A coleta dos dados climáticos nos transectos ocorreu nos dias 28 de julho e 26 de agosto de 2016, meses representativos de inverno, e também nos dias 12 de janeiro e 25 de fevereiro de 2017, meses que representam o verão e em condições de tempo estável. Em relação à identificação das unidades climáticas de Salto do Jacuí, utilizaram-se os mapas gerados com os dados da temperatura do ar dos transectos móveis, realizou-se álgebra de mapas, sobrepondo um em cima do outro, para identificar padrões na temperatura do ar, aspectos, como hipsometria, declividade, densidade populacional, orientação de vertentes, relação com o tipo de construção e os tipos de cobertura e uso da terra. Ao final, na área urbana de Salto do Jacuí, foram identificados cinco tipos diferentes de unidades climáticas.

Palavras-chave

Unidades climáticas. Urbano. Transecto móvel.

1. INTRODUÇÃO

O clima urbano é criado pelas alterações que o homem provoca, considerando que este habita tal meio modificado. A população é quem sofre as influências das alterações climáticas na escala local, diante da comprovada alteração no clima local em função da urbanização.

As alterações provocadas nas paisagens pelo aparecimento e desenvolvimento das cidades alteram o balanço de energia e o balanço hídrico urbano. Portanto, essas alterações são causadas por diversos fatores, como retirada da vegetação original, grande número de circulação de veículos e pessoas, impermeabilização do solo, contrições (AMORIM, 2000).

Armani (2004) define unidades climáticas como áreas que têm semelhanças entre atributos e controles climáticos. Os atributos climáticos são representados pelo estado físico de um fragmento do ar (temperatura da superfície e do ar, umidade etc.). E os controles climáticos são definidos pelas características físicas, biológicas, humanas do espaço que modificam as propriedades de uma fração de ar (uso do solo, fluxo de veículos, densidade populacional, densidade das edificações, orientação e altura das edificações, áreas verdes, represas, parques e emissão de poluentes).

Para Stewart e Oke (2012), as Zonas Climáticas Locais (LCZ) são classes locais em escala de natureza climática e zonal, em representação. Os autores definiram formalmente zonas climáticas locais como regiões de cobertura superficial uniforme, estrutura, material e atividade humana que abrangem de centenas de metros a vários quilômetros em escala horizontal.

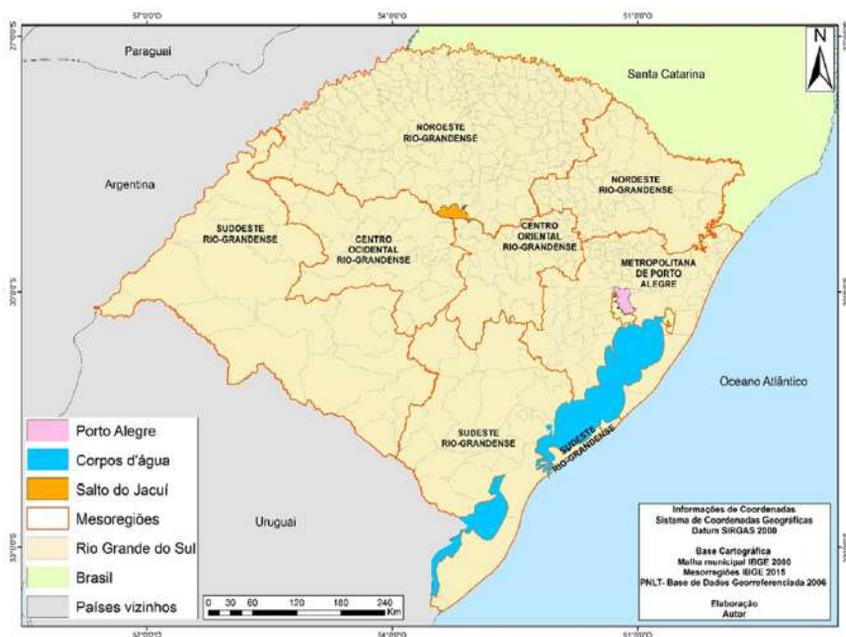
Esses regimes de temperatura persistem o ano todo e estão associados aos ambientes ou ecossistemas homogêneos das cidades, como parques e núcleos comerciais; biomas naturais, como florestas e desertos; terras agrícolas, como pomares e áreas agricultáveis. Portanto, cada LCZ é nomeada e ordenada individualmente por uma característica superficial distinta ou mais.

O objetivo geral nesta pesquisa consistiu em mensurar e avaliar o campo termo-higrométrico por meio de transectos móveis realizados em período invernal/vernal, com o intuito de identificar as unidades climáticas da área urbana de Salto do Jacuí/RS.

1.1. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é a cidade do Salto do Jacuí, pertencente ao estado do Rio Grande do Sul (RS), a cidade localiza-se a $29^{\circ}05'18''$ de latitude sul e a $53^{\circ}12'45''$ de longitude oeste, está na Região Alto Jacuí do Estado, a qual oficialmente pertence à Mesorregião do Noroeste Rio-grandense e à Microrregião Geográfica de Cruz Alta (FEE, 2017) (Figura 01).

Figura 01 – Mapa de localização do município de Salto do Jacuí/RS



Fonte: organizado pelos autores com informações da Base Cartográfica IBGE

O município de Salto do Jacuí apresenta sua base de rochas ígneas da formação Serra Geral e está localizado no planalto da Bacia do Paraná. A zona urbana de Salto do Jacuí possui uma amplitude altimétrica que vai de 160 m a 360 m acima do nível do mar. As menores altimetrias (Figura 02 A) estão localizadas próximo ao leito do rio Jacuí e ao sul, as quais estão associadas às redes de drenagem. A área central da cidade tem uma altitude entre 280 m e 360 m. Portanto, as maiores altitudes estão localizadas onde se dá o acesso rodoviário da cidade, cuja altimetria varia de 320 m a 360 m acima do nível do mar.

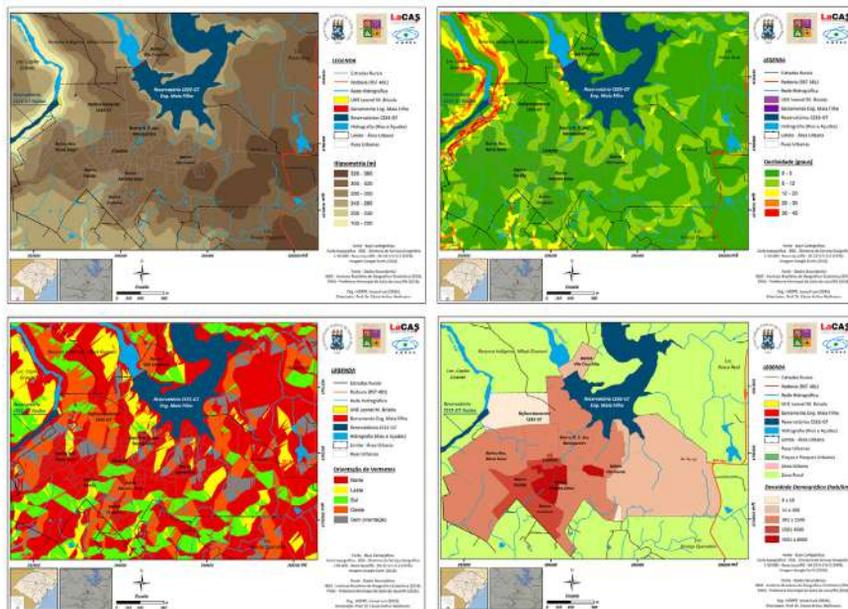
Com relação à declividade da área em estudo, novamente não apresenta uma grande variação, apresentando declividade de 0° a 12° na área central da cidade conforme a figura 02 B, as maiores declividades estão às margens do rio Jacuí (oeste), onde encontra-se o lago da represa de Itaúba, a represa Engenheiro Maia Filho e o bairro Cruz Alta.

Como se pode observar na figura 02 C, o mapa apresenta a orientação das vertentes. Observa-se que a maioria das vertentes estão voltadas para norte e oeste, e uma minoria delas para sul e oeste.

A população total, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), é de 12.460 habitantes, sendo 10.208 na área urbana e 1.672 na área rural, a densidade demográfica é de 23,4 habitantes/km² e o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é de 0,749 (IBGE, 2020). Na imagem 02 D, apresenta-se a densidade populacional da zona urbana. Percebe-se que a densidade demográfica apresenta porções que vão de 0 a 8000 habitantes por km².

Na imagem 02 D, verifica-se que as maiores densidades se concentram nos setores censitários pertencentes aos bairros Harmonia e Menino Deus, seguido pelos bairros Portão e Cruzeiro e uma pequena porção do bairro Centro. Logo, os bairros Nova Jacuí e Nossa Senhora dos Navegantes têm uma menor densidade populacional levando em comparação aos bairros já citados. O bairro Vila Cruz Alta e o acesso principal da cidade apresentam a menor densidade populacional da área urbana.

Figura 02 – Mapa Hipsométrico (A); Mapa de Declividade (B) Mapa de Orientação de Vertentes (C) Mapa de Densidade Demográfica (D) da área urbana de Salto do Jacuí/RS



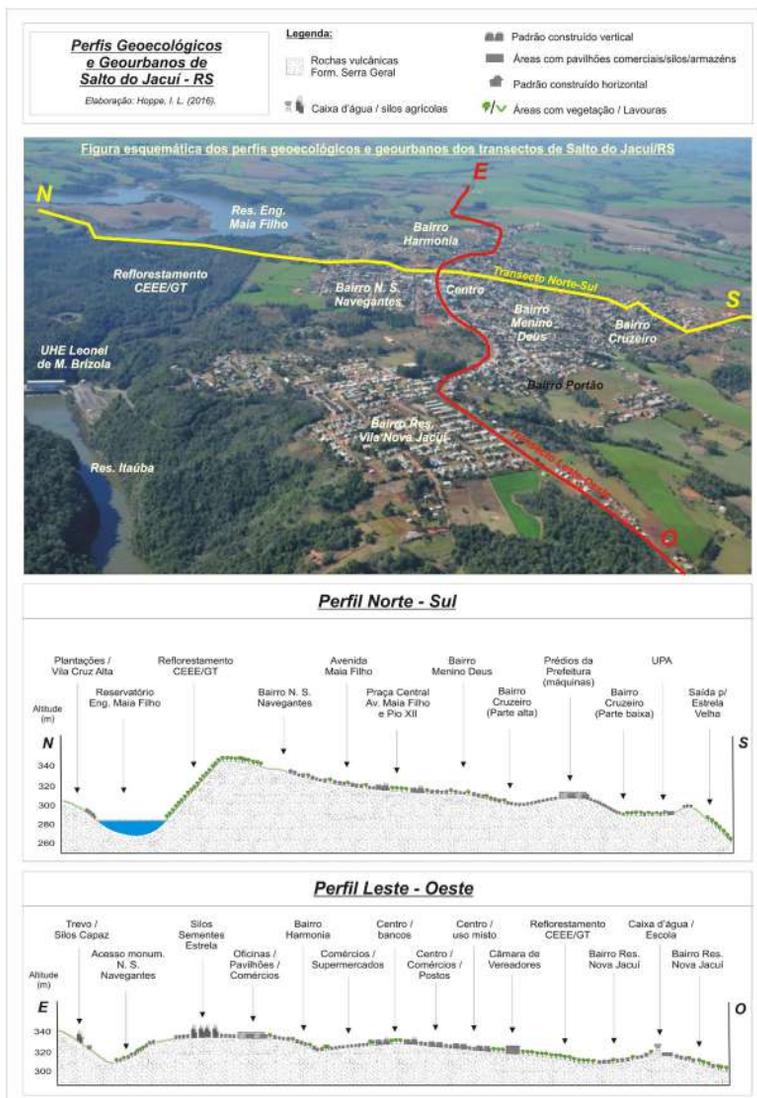
Fonte: organizado pelos autores com informações da Base Cartográfica IBGE

O Perfil Norte-Sul (Figura 03) inicia em uma área de plantio rural, com altitude de 305 m acima do nível do mar, e passa pelo bairro Vila Cruz Alta, em seguida sobre o reservatório Engenheiro Maia Filho, cruza o interior da área de reflorestamento da Companhia Estadual de Energia Elétrica (CEEE), atingindo uma altitude de 341 m acima do nível do mar (ponto mais alto do transecto).

Quanto mais se desloca ao sul do trajeto, mais decai a altitude. Esse perfil percorre o bairro Nossa Senhora dos Navegantes, deslocando-se por uma pequena parte da zona central da cidade, cruzando os bairros Menino Deus e Cruzeiro, onde se encontra a secretaria de obras, na qual existe o pavilhão que armazena o maquinário de obras da prefeitura municipal, sendo a parte mais elevada do bairro. Esse perfil continua pelo bairro Cruzeiro (parte

baixa) e se desloca para a periferia da área urbana, onde tem a menor altitude: 259 m acima do nível do mar (Figura 03).

Figura 03 – Perfis Geocológicos e Geourbanos da área urbana de Salto do Jacuí/RS



Fonte: organizado pelos autores com informações da Rádio Sobradinho

O Perfil Leste-Oeste, como pode ser observado na figura 03, é um perfil mais homogêneo em relação às suas altitudes, havendo poucas alterações altimétricas, que são em torno de 300 m a 338 m acima do nível do mar. O perfil começa na área urbana, na qual cruza pela área em que há maior concentração de agroindústrias da região e percorre a maior parte do trajeto pela área de comércio, oficinas, postos de combustíveis. Também passa pelo bairro Harmonia e pela zona central da cidade, onde há presença de todo o comércio em geral.

Saindo da parte comercial do centro, encontra-se a área mista da área urbana, que é composta por população e comércio, cruza ao lado do reflorestamento da CEEE, passa por algumas praças e escolas, se desloca para o bairro Nova Jacuí e locomove-se em direção à periferia do bairro.

Ao comparar os dois perfis apresentados, é possível observar que o perfil Norte-Sul é o que apresenta maior concentração de áreas verdes, e o perfil Leste-Oeste tem a maior concentração de edificações ao longo do seu trajeto. O primeiro perfil é o mais arborizado devido à presença do reflorestamento.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

2.1 TRANSECTOS MÓVEIS E INSTRUMENTOS DE COLETA

Com a finalidade de obtenção dos dados climáticos de temperatura e umidade relativa do ar no espaço intraurbano e áreas próximas, foi reutilizada a metodologia dos transectos móveis (AMORIM, 2000, 2010), na qual a aquisição dos dados climáticos é feita ao longo de percursos já predeterminados. Nesta pesquisa, foram definidos dois transectos móveis, com 13 pontos de coleta

cada, que atravessaram a cidade do Salto do Jacuí, sendo um deles no sentido Norte-Sul e o outro no sentido Leste-Oeste, conforme o mapa da figura 04.

Figura 04 – Transectos móveis realizados na área urbana de Salto do Jacuí/RS



Fonte: organizado pelos autores com informações da Base Cartográfica IBGE

Para a realização dos transectos móveis, saíram simultaneamente um automóvel de cada transecto. Cada percurso teve uma média de 5 km, que foram percorridos em 45 minutos. A coleta dos dados climáticos nos transectos ocorreu nos dias 28 de julho e 26 de agosto de 2016, meses representativos de inverno e também nos dias 12 de janeiro e 25 de fevereiro de 2017, meses que representam o verão, conforme propõe Sartori (2016).

Em cada dia, foram percorridas três vezes cada percurso para coleta dos dados, sendo nos horários das 06, 15 e 21 horas. Já o transecto do mês de janeiro, foi realizado nos horários das 07, 16 e 22 horas,

pois não se adota o horário de verão e utiliza-se o tempo universal coordenado (TMC) ou tempo médio de Greenwich (TMG) menos três horas, durante o ano inteiro (SILVA; CHAVES; LIMA, 2009).

A realização dos transectos móveis ocorreu com condições de tempo estável, céu limpo e pouco vento (calmaria). Ao longo do transecto móvel, ocorreu a medição da temperatura do ar e a umidade relativa do ar com a utilização do termômetro eletrônico *MATSUTEK HTM120* e, em cada ponto, foi efetuada uma pausa de três a quatro minutos.

2.2 DO MAPEAMENTO DO CLIMA URBANO NO PERÍODO VERNAL E INVERNAL E DAS UNIDADES CLIMÁTICAS

Após terem sido realizados todos os transectos móveis, os dados climáticos foram tabulados em planilhas do Microsoft Excel 2013. Após, exportados para o sistema de informação geográfica *Surfer 8.0* para elaboração de cartogramas do campo termo-higrométrico da zona urbana do Salto do Jacuí. O método de interpolação utilizado foi a *Krigagem* ordinária do *Surfer*, conforme orienta Wollmann (2011) e Wollmann e Galvani (2014).

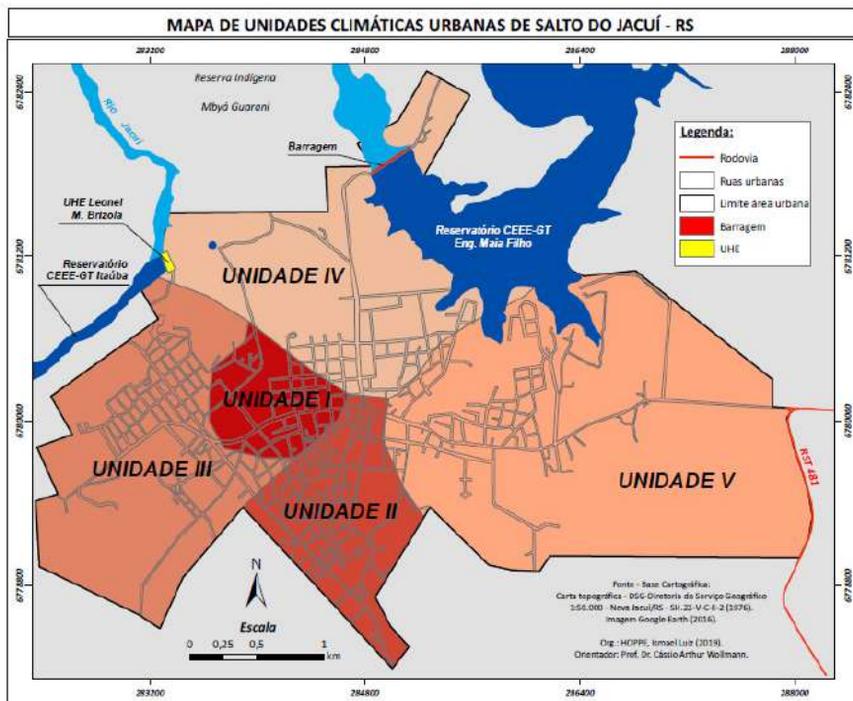
Ao final dos quatros trabalhos de campo, foi gerado um total de 24 mapas temáticos do sistema termodinâmico do Salto do Jacuí, que foram elaborados no *Software ArcGis 10*. Foi gerado um mapa de temperatura do ar para cada transecto realizado e o mesmo sucedeu para a umidade relativa do ar.

Para realizar a confecção do mapa das unidades climáticas de Salto do Jacuí, foram utilizados os 12 mapas gerados com os dados da temperatura do ar. Fez-se álgebra de mapas, sobrepondo um em cima do outro, para identificar padrões na temperatura do ar, aspectos do relevo e interação com fatores de superfície em relação ao tipo de construção e os tipos de cobertura e uso da terra propostos por Tarifa e Armani (2001).

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Após realizar os trabalhos de campo de reconhecimentos, transectos, gerar os mapas de temperatura do ar, mapas de hipsometria, declividade, densidade populacional, orientação de vertentes, relação com o tipo de construção e os tipos de cobertura e uso da terra proposta por Stewart e Oke (2012), iniciou-se a elaboração do mapa das unidades climáticas de Salto do Jacuí, principalmente levando-se em consideração os procedimentos observacionais do urbano, propostos inicialmente por Tarifa e Armani (2001) (Figura 05).

Figura 05 – Unidades Climáticas urbanas de Salto do Jacuí/RS



Fonte: organizado pelos autores com informações da Base Cartográfica IBGE

Conforme pode ser observado no mapa da figura 05 (área urbana de Salto do Jacuí) foram identificados cinco tipos diferente de unidades climáticas. Unidade climática I: zona central da cidade; unidade climática II: ao sul, bairro Cruzeiro e Menino Deus; unidade climática III: ao oeste, bairros Portão e Residencial Nova Jacuí (CEEE); unidade climática IV: ao norte, bairros Navegantes e Nova Cruz Alta; unidade climática V: ao Leste, bairro Harmonia.

A unidade climática I, ao centro da área urbana, apresenta zona densamente urbanizada com uso misto da área, sendo composta por comércio e residências, pouca ou nenhuma presença de vegetação. De acordo com Stewart e Oke (2012), a unidade climática I poderia ser enquadrada *Local Climate Zone (LCZ) 3*, a qual os autores descrevem com edifícios baixos de 1 a 3 andares, com poucas ou nenhuma árvore, e a principal cobertura do solo é pavimentada.

As construções apresentam, em sua maioria, pedra, tijolos, azulejos e concreto. A paisagem é composta por rochas ou cobertura pavimentada com poucas ou nenhuma árvore ou planta, parecendo uma zona de deserto natural.

A amplitude altimetria da unidade I oscila de 300 m a 320 m de altitude e, em relação à declividade do local, varia de 0 a 12 graus. Na maior parte do terreno, a variação é de 0 a 5 graus. Já a orientação de vertente dessa unidade tem predomínio de Norte e Oeste. Com relação à densidade demográfica da unidade climática I, esta área da cidade apresenta uma densidade populacional de 1501 a 4500 habitantes por km².

Tabela 01 – Amplitude térmica da Unidade Climática I de Salto do Jacuí

Hora transecto	Período Vernal	Período Invernal
06:00	4,0° C	10,0° C
15:00	8,0°C	20,0° C
21:00	2,0° C	18,0° C

Na tabela 01, apresentam-se as amplitudes das temperaturas registradas na unidade climática I, dos 12 transectos realizados tanto no período vernal como invernal. No período vernal, nos transectos das 06 horas, sendo eles no dia 12 de janeiro e 25 de fevereiro de 2017, o intervalo de temperatura registrado nessa unidade foi de 16,0 °C a 20,0 °C. Já para o período vernal, no qual os transectos foram realizados nos dias 28 de julho e 26 de agosto de 2016, para o mesmo horário, as amplitudes das temperaturas registradas foram de 4,0 °C para o período vernal e, no período invernal, a amplitude na temperatura é de 10,0 °C, como demonstrado nos trabalhos de Hoppe e Wollmann (2018, 2019), Hoppe (2018) e Hoppe *et al.* (2019).

Já no transecto das 15 horas, as amplitudes das temperaturas registradas, tanto no período vernal como no invernal, começam a se elevar, comparando com as temperaturas das 06 horas. No período vernal, o registro da amplitude da temperatura foi de 8,0 °C e, no período invernal, a amplitude das temperaturas foi de 20,0 °C, sendo esta a maior amplitude da temperatura registrada entre as unidades climáticas. Essa grande amplitude pode ser compreendida nos trabalhos realizados por Hoppe e Wollmann (2018, 2019), Hoppe (2018) e Hoppe *et al.* (2019).

Portanto, nos transectos móveis das 21 horas, as amplitudes diminuem, os campos realizados no período vernal apresentam uma amplitude da temperatura de 2,0 °C, já a amplitude das temperaturas registrada nos transectos móveis no período foi de 18,0 °C, conforme resultados de trabalhos realizados por Hoppe e Wollmann (2018, 2019), Hoppe (2018) e Hoppe *et al.* (2019).

A unidade climática II corresponde aos bairros Menino Deus e Cruzeiros, localizados na porção sul da área urbana de Salto do Jacuí. Esses bairros apresentam um grande aglomerado de residências de classe baixa e média, ocupação irregular, suscetível a inundações e com pouca cobertura vegetal. A LCZ dessa unidade é 7.B, que, segundo Stewart e Oke (2012), é uma área com uma mistura densa de edifícios de um andar, poucas ou nenhuma

árvore, a cobertura do solo, na sua maioria, é compacta e os tipos de construção são de madeira, metal e tijolos. Consequentemente, a paisagem é levemente arborizada e o solo é permeável.

A altimetria da unidade climática II apresenta uma variação altimétrica que vai de 240 m a 320 m acima do nível do mar. A declividade da área vai de 0° a 20°, sendo que, na maior parte dessa unidade, a declividade varia de 0° a 12°, com uma pequena porção que supera os 12° de declividade. As orientações de vertentes que mais predominam são as com orientação para o Sul e Oeste. Já em relação à densidade demográfica da unidade II, é a maior da área em estudo, com 4501 a 8000 habitantes por km².

Tabela 02 – Amplitude térmica da Unidade Climática II de Salto do Jacuí

Hora transecto	Período Vernal	Período Invernal
06:00	6,0°C	1,0°C
15:00	2,0°C	11,0°C
21:00	4,0°C	1,0°C

Fonte: os autores

Na tabela 02, constam as amplitudes das temperaturas para unidade climática II, no transecto móvel das 06 horas. Nessa unidade, a maior amplitude (6 °C) ocorreu no período vernal. No período invernal, a amplitude para o mesmo local foi de apenas 1,0 °C. Essa amplitude consta nos trabalhos de Hoppe e Wollmann (2018, 2019), Hoppe (2018) e Hoppe *et al.* (2019).

Ao se examinarem os transectos das 15 horas, pôde-se perceber uma grande amplitude térmica (11,0 °C), que ocorre no período invernal. Hoppe e Wollmann (2018) e Hoppe *et al.* (2019) demonstram, em suas pesquisas, a presença de um sistema atmosférico que atuou nos trabalhos de campo. Já no período vernal, a amplitude das temperaturas, na unidade II, foi de 2,0 °C, o que está de acordo com os trabalhos de Hoppe (2018) e Hoppe e Wollmann (2018, 2019).

Já no transecto das 21 horas, as amplitudes das temperaturas apresentam uma amplitude de 4,0 °C no período vernal e, no período invernal, a amplitude é de apenas 1,0 °C. De acordo com Hoppe e Wollmann (2018, 2019), Hoppe (2018) e Hoppe *et al.* (2019), essa variação no período noturno está associada à liberação de calor pela área urbana. Além disso, os autores registram ilhas de calor nesse horário.

A unidade climática III corresponde aos bairros Portão e Residencial Nova Jacuí. Esses bairros são consolidados, ou seja, não ocorre expansão nesses locais. São bairros residenciais de classe média alta a alto padrão, com casas de alvaria de um a dois pavimentos, com presença de parques e uma grande presença de vegetação.

Consequentemente, a unidade III poderia ser enquadrada na LCZ 6.A, que, segundo Stewart e Oke (2012), trata-se de uma LCZ com presença de edifícios baixos de um a três andares, compostos de madeira, tijolo, pedra, azulejos e concreto, com uma abundante cobertura vegetal com plantas baixas e árvores esparsas, sempre verde, com floresta natural e cultivo de árvores e parques urbanos e o solo predominantemente permeável.

Em relação aos aspectos físicos da unidade III, observa-se, na figura 02, que, nesta unidade, a variação altimétrica vai de 200 m a 320 m acima do nível do mar. A declividade para o mesmo local varia de 0° em sua maior área e, em menor área, chega a 45°. Portanto, as orientações de vertentes têm maior predomínio nessa área, que são as voltadas para Norte e Oeste. O bairro Portão apresenta maior densidade demográfica em comparação com o bairro Residencial Nova Jacuí, no qual os bairros apresentam uma densidade demográfica que vai de 301 a 4500 habitantes por km².

Tabela 03 – Amplitude térmica da Unidade Climática III de Salto do Jacuí

Hora transecto	Período Vernal	Período Invernal
06:00	7,0°C	8,0°C
15:00	6,0°C	14,0°C
21:00	3,0°C	15,0°C

Fonte: os autores

Na tabela 03, constam as amplitudes da temperatura para a unidade climática III, em todos os transectos móveis, conforme os trabalhos realizados por Hoppe e Wollmann (2018, 2019), Hoppe (2018) e Hoppe *et al.* (2019). Pode-se perceber que a amplitude térmica no período vernal é de 7,0 °C, aumentando para 8,0 °C no período vernal.

Já para os transectos das 15 horas, a amplitude térmica para esse horário no período vernal foi de 6,0 °C. Portanto, no período invernal, essa amplitude mais que dobra, registrando uma amplitude térmica de 14,0 °C, o que se justifica pela presença dos sistemas atmosféricos atuantes nos dias de coletas e pelos elementos geourbanos, descritos por Hoppe e Wollmann (2018, 2019), Hoppe (2018) e Hoppe *et al.* (2019).

No transecto das 21 horas, a amplitude térmica entre os períodos vernal e invernal foi semelhante ao encontrado no transecto das 15 horas, apresentando a menor amplitude no período vernal (3,0 °C) e a maior amplitude no período invernal (15,0 °C).

A unidade climática IV condiz com o bairro Navegantes, que é um bairro com característica residencial. Salto do Jacuí é uma cidade que ainda está em expansão residencial de classe média, que apresenta, em sua maioria, casas de apenas um pavimento, podendo ser de alvenaria, madeira e mistas. Pode-se afirmar que o bairro Navegantes é “planejado”. Nessa unidade climática, encontra-se o reflorestamento da CEEE e o reservatório da represa Engenheiro Maia Filho.

Assim, a unidade climática IV poderia enquadrar a LCZ 6, 9.A, B, ou G, área que Stewart e Oke (2012) descrevem como sendo uma área com edifícios dispersos pequenos ou médios de um a três pavimentos feitos de madeira, tijolos, pedra, concreto, azulejo em um ambiente natural e permeável. Também apresenta uma paisagem fortemente arborizada sempre verde, o que se refere ao reflorestamento da CEEE. Já na área urbana, a paisagem é levemente arborizada, com floresta natural, parques e árvores de cultivo, além de um corpo de água, que é o reservatório.

A unidade climática IV apresenta uma declividade de 200 m próximo à margem do reservatório e do rio Jacuí. Portanto, em sua maioria, a altitude é de 320 m acima do nível do mar, a declividade varia de 0° a 45° na margem do rio e do reservatório. A maior predominância quanto à orientação de vertente dessa unidade é Norte, Leste e Oeste. Em relação à densidade demográfica da unidade, como é um bairro em crescimento, apresenta uma densidade baixa que vai de 301 a 1500 habitantes por km².

Tabela 04 – Amplitude térmica da Unidade Climática IV de Salto do Jacuí

Hora transecto	Período Vernal	Período Invernal
06:00	4,0°C	9,0°C
15:00	7,0°C	18,0°C
21:00	3,0°C	15,0°C

Fonte: os autores

Na tabela 04, constam as amplitudes térmicas verificadas nos períodos vernal e invernal para a unidade climática IV da zona urbana de Salto de Jacuí. Para o transecto das 06 horas, realizado por Hoppe e Wollmann (2018, 2019), Hoppe (2018) e Hoppe *et al.* (2019), foi identificado que, no período vernal, a amplitude média é de 4,0 °C e, no período invernal, a amplitude térmica foi de 9,0 °C.

Nos transectos das 15 horas que Hoppe e Wollmann (2018, 2019), Hoppe (2018) e Hoppe *et al.* (2019) realizaram, novamente

a menor amplitude térmica ocorre no período vernal (7,0 °C), já a maior amplitude ocorre no período invernal, sendo que a amplitude térmica foi de 18,0 °C.

Já nas 21 horas, novamente ocorre o mesmo que ocorreu no transecto das 15 horas, registrando a menor amplitude no período vernal, que foi de 3,0 °C, porém, no período invernal, para esse horário, a amplitude térmica foi de 15,0 °C para a unidade climática IV.

A unidade climática V é a maior, uma das mais diversas, pois esta apresenta área rural (plantio), comercial, industrial e residencial. A área rural dessa unidade apresenta um ciclo de plantio, que vai de soja, aveia e descanso do solo. Está localizada na principal entrada da cidade, onde há construções de alvenaria que vão de um a três pavimentos, em sua maioria mistos (residencial/comercial). Também se encontram indústrias de beneficiamento e estocagem de grãos e as margens do reservatório.

Essa unidade climática poderia se enquadrar na LCZ 6.8.9.B, F ou G, sendo que Stewart e Oke (2012) descrevem a LCZ com edifícios pequenos e grandes, espaços e baixos de um a três pavimentos, com presença de estruturas industriais baixas e médias, como torres, tanques, com presença de poucas ou nenhuma árvore nos locais de comércio e indústria e a presença de maior abundância na cobertura vegetal na área residencial. Na área residencial, os materiais de construção utilizados são madeira, tijolos, pedras, concreto, áreas permeáveis. Por outro lado, na área mais industrial, as construções são em metal e pedra, e o solo é pavimentado e compactado.

Os autores Stewart e Oke (2012) ainda descrevem as paisagens como sendo áreas levemente arborizadas, sempre verdes, compostas por floresta natural, parques urbanos e cultivos de árvores. Também destacam que lavouras são paisagens com poucas ou nenhuma árvore e a zona á deserto ou área agricultável, e descreve a presença de corpos de água abertos como reservatório, o que também apresenta na unidade V.

Em relação aos aspectos físicos da unidade V, ela apresenta as maiores altitudes da área urbana, vai de 240 m nas margens do reservatório a 360 m no centro da unidade. A declividade é de 0° a 12°, o que torna a unidade climática relativamente plana. Com relação à orientação de vertentes, o que predomina nessa unidade é a orientação voltada para Norte. Quanto à densidade demográfica, é a mais baixa de toda área urbana, já que em sua maioria é de 0 a 10 habitantes por km². Apenas na área residencial da unidade V, a densidade demográfica varia de 1501 a 4500 habitantes por km².

Tabela 05 – Amplitude térmica da Unidade Climática V de Salto do Jacuí

Hora transecto	Período Vernal	Período Invernal
06:00	7,0°C	11,0°C
15:00	7,0°C	14,0°C
21:00	6,0°C	15,0°C

Fonte: os autores

Na tabela 05, constam as amplitudes térmicas encontradas nos transectos realizados por Hoppe e Wollmann (2018, 2019), Hoppe (2018) e Hoppe *et al.* (2019). Para a unidade climática V da cidade de Salto do Jacuí, pode-se perceber que, no transecto móvel das 06 horas, a amplitude térmica é de 7,0 °C no período vernal e de 11,0 °C no período invernal.

Já no transecto móvel das 15 horas, novamente a amplitude térmica no período vernal foi de 7,0 °C. No período invernal, a amplitude térmica nos transectos das 15 horas foi o dobro do período vernal (14,0 °C).

O mesmo ocorre nos dados dos transectos das 21 horas que foram coletados por Hoppe e Wollmann (2018, 2019), Hoppe (2018) e Hoppe *et al.* (2019). Novamente, a menor amplitude térmica no período vernal é de 6,0 °C e, no período invernal, a amplitude térmica é mais que o dobro do período vernal, chegando a 15,0 °C para a unidade climática V.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a realização desta pesquisa, ficou evidente que, para realizar a delimitação das unidades climáticas do Salto do Jacuí, as principais influências foram: uso e cobertura da terra, altimetria, declividade, orientação de vertentes, densidade demográfica e a amplitude térmica, que é reflexo dos fatores geourbanos. Levando em consideração esses atributos e controles climáticos, de acordo com Tarifa e Armani (2001), a área urbana de Salto do Jacuí foi dividida em cinco unidades climáticas.

Em relação aos aspectos físicos da área urbana de Salto do Jacuí, percebe-se que apresenta poucas variações altimétricas. Como não há grandes mudanças altimétricas, a declividade do relevo também é baixa no perímetro urbano. Portanto, considerando a orientação do relevo para a área urbana, as vertentes são, em sua maior predominância, voltadas para Norte, seguida por Leste e Oeste. Já a maior densidade demográfica da zona urbana encontra-se na região central, seguida pelos bairros de baixa renda.

Tendo em vista os aspectos observados em campo por Hoppe e Wollmann (2018, 2019), Hoppe (2018) e Hoppe *et al.* (2019) e pela metodologia referente às LCZ de Stewart e Oke (2012), ao total, foram identificados cinco “tipos construídos” e cinco tipos de cobertura do solo: *Compact low-rise* (3), *Open low-rise* (6), *Lightweight low-rise* (7); *Large low-rise* (8), *Sparsely built* (9), *Dense trees* (A), *Scattered trees* (B), *Bare rock or paved* (E), *Bare soil or sand* (F) e *Water* (G).

Pode-se afirmar que as maiores amplitudes térmicas das cinco unidades climáticas do Salto do Jacuí ocorreram no período invernal. Apenas na unidade climática II, nos horários das 06 e 21 horas, ocorreu no período vernal. A maior amplitude foi de 20 °C na unidade I e a menor foi de 1 °C na unidade II para o período invernal. Já no período vernal, a maior amplitude térmica foi de 7 °C nas unidades III, IV e V e a menor amplitude foi de 2 °C nas unidades I e II.

5. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Edital CAPES 071/2013 – Processo número 88881.068465/2014-01 e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

6. LISTA DE SIGLAS

CEEE – Companhia Estadual de Energia Elétrica

FEE – Fundação Estadual de Estatística

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDH – Índice de Desenvolvimento Humano

Km – Quilômetro

LCZ – Local Climate Zone

TMC – tempo universal coordenado

TMG – tempo médio de Greenwich

7. REFERÊNCIAS

AMORIM, M. C. C. T. **O clima urbano de Presidente Prudente/SP**. 2000. 374 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

AMORIM, M. C. C. T. Climatologia e gestão do espaço urbano. **Revista Mercator** edição especial, Fortaleza, 2010.

ARMANI, G. **Interações entre a atmosfera e a superfície terrestre: variações da temperatura e umidade na bacia B do Núcleo Cunha (IF) – SP**. 2004. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. São Paulo: USP, 2004.

CEOLIN, Fabricio. Salto do Jacui tem o maior crescimento do PIB da região. **Rádio Sobradinho**, Sobradinho, 20/12/2017. Disponível em: < <https://www.radiosobradinho.com.br/ler-noticia/p10607/-salto-do-jacui--tem-o-maior-crescimento-do-pib-na-regiao.html>>. Acesso em 02/09/20).

FEE – FUNDAÇÃO DE ESTATÍSTICA E ECONOMIA. **FEE Dados**. Disponível em: http://feedados.fee.tche.br/consulta/sel_modulo_pesquisa.asp. Acesso em: 24 abr. 2017.

HOPPE, I. L.; WOLLMANN, C. A. Campo termo-higrométrico da área urbana de Salto do Jacuí/RS no dia 26 de agosto de 2016, sob domínio polar atlântico. *In*: II ENCONTRO LUSO-AFRO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA E AMBIENTE, 2018, Guimarães. **Anais [...]**, 2018. v. 1. p. 285-291.

HOPPE, I. L., **O campo termo-higrométrico e a qualidade ambiental urbana em Salto do Jacuí/RS**. 2018. 176 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018.

HOPPE, I. L.; WOLLMANN, C. A. O campo Termo-higrométrico de Salto do Jacuí/RS, em situação de verão. *In*: MORATO, R. G. *et al.* (org.). **Análise integrada em bacias hidrográficas: estudos comparativos com distintos usos e ocupação do solo**. São Paulo: FFLCH/USP, 2019. p. 655-679. DOI 10.11606/9788575063781.

HOPPE, I. L. *et al.* Campo termo-higrométrico da área urbana de Salto do Jacuí/RS no dia 28 de julho de 2016. *In*: PINHEIRO, L. S.; GORAYEB, A. (org.). **Geografia física e as mudanças globais**. Fortaleza: UFC, 2019, v. 1237, p. 0-12.

IBGE Cidades@. **Censo 2010**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em: 16 mar. 2020.

SARTORI, M. G. B. **O vento norte**. Santa Maria: Dr. Publicidade, 2016. 2 v.

SILVA, F. M.; CHAVES, M. S.; LIMA, Z. M. C. **Sistema de coleta de dados meteorológicos**. Rio Grande do Norte: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2009. Livro didático.

STEWART, I. D.; OKE, T. R. Local climate zones for urban temperature studies. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 93, n. 12, p. 1879-1900, 2012.

TARIFA, J. R.; ARMANI, G. As Unidades Climáticas Urbanas da Cidade de São Paulo: os climas e a (re)produção do espaço nas metrópoles. *In*: 8º ENCUENTRO DE GEÓGRAFOS DE AMÉRICA LATINA, 2001, Santiago. **Anais** [...]. Santiago: USC, 2001.

WOLLMANN, C. A. **Zoneamento agroclimático para a produção de roseiras (*Rosaceae spp.*) no Rio Grande do Sul**. Tese (Doutorado) Universidade de São Paulo, 2011.

WOLLMANN, C. A.; GALVANI, E. **Zoneamento agroclimático: aportes teóricos, metodológicos e técnicas para o estudo das roseiras (*Rosaceae spp.*) no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Buqui Livros Digitais, 2014. 2 v.



CAPÍTULO 03

PRECIPITAÇÃO OCULTA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO BOI RS/SC

*Jakeline Baratto
Emerson Galvani
Cássio Arthur Wollmann*

Resumo

Neste trabalho, o objetivo foi analisar a ocorrência de nevoeiro com registro de precipitação oculta na bacia hidrográfica do Rio do Boi, localizado entre os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, em episódio ocorrido no dia 24 de novembro de 2017. Para essa análise, utilizaram-se dados do coletor de nevoeiro e da estação meteorológica automática (EMA) instalados no Parque Nacional de Aparados da Serra (PNAS). Foram também coletados dados em horários de abrigos meteorológicos instalados em diferentes altitudes ao longo da bacia hidrográfica. Na identificação dos sistemas atmosféricos atuantes, foram utilizadas cartas sinóticas e imagens de satélites. Os dados coletados foram tabulados e organizados em planilha eletrônica Microsoft Excel para a análise estatística e geração de tabelas e gráficos. Os resultados mostraram que, para o dia 24 de novembro de 2017, ocorreram dois períodos de precipitação oculta, ambos no período de resfriamento do ar. O primeiro, nas primeiras horas do dia e o segundo, no período noturno, totalizando 5,6 mm. Assim, a precipitação oculta ocorreu quando a umidade relativa do ar estava mais elevada e quando a temperatura do ar diminuiu até a temperatura do ponto de orvalho. Observou-se, também, que a precipitação oculta correspondeu a 6,9 % da chuva precipitada do mês, levando em consideração que foi a partir do dia 12 de novembro de 2017. A precipitação total registrada foi de 83,9 mm, sendo 78,5 mm de precipitação pluviométrica e 5,6 mm de precipitação oculta.

Palavras-chave

Nevoeiros. Temperatura do ar. Umidade relativa do ar. Precipitação oculta. Bacia hidrográfica do Rio do Boi.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, os estudos sobre nevoeiros e precipitação oculta são muitos recentes. Já em outros países da América Latina e Europa, esses estudos vêm sendo realizados há muito tempo. Em território nacional, os estudos sobre nevoeiros e precipitação oculta concentram-se na Serra do Mar, principalmente entre os estados de São Paulo (ARCOVA, 2013) e Rio de Janeiro (PEREIRA; VALCARCEL; BARBOSA, 2016).

Nesse sentido, a precipitação oculta é entendida, para Baladón (2003), como todas aquelas contribuições ocultas de água ou solo, ou as plantas que não podem ser medidas com instrumentos convencionais, como o pluviômetro. Figueira (2009) ressalta que a precipitação oculta é um fenômeno decorrente da formação do nevoeiro, que precisa conter água líquida e tempo suficiente para que as gotas possam se precipitar. Esse fenômeno ocorre a partir da deposição de gotas de água quando as nuvens entram em contato com algum obstáculo (FURTADO, 2009). Diante disso, a precipitação oculta é um fenômeno muito importante para a captação de água para abastecimento humano e irrigação, além de ser uma fonte de água para recarga dos aquíferos. Prada (2008) salienta que, em regiões com nevoeiros intensos, a água contida nessas parcelas de ar pode constituir um importante complemento das fontes tradicionais de abastecimento.

Figueira (2009, p. 56) destaca que

A precipitação oculta pode ser entendida como a capacidade que a vegetação (ou outro objeto, natural ou não) tem de, por um processo de impacto ou colisão, capturar as minúsculas gotículas de água existentes no nevoeiro e que na sua ausência seriam mantidas em suspensão na atmosfera.

Esse processo pode ocorrer em qualquer local, desde que exista nevoeiro com conteúdo de água líquida suficiente, que este

dure tempo suficiente para que as gotas possam se precipitar, que a vegetação permita a captura das gotículas, e o vento, a circulação rápida do ar (FIGUEIRA, 2009). Esse fenômeno também é conhecido na literatura, conforme Prada (2016), como precipitação horizontal, potencial hídrico dos nevoeiros e precipitação por interceptação direta da água das nuvens.

Nesse sentido, a precipitação oculta descreve as formas de precipitação que tipicamente não são capturadas por pluviômetros tradicionais, como a neblina, e, assim, representam um componente pequeno, mas potencialmente importante de precipitação total por meio da interceptação de gotas de água na superfície das plantas (MAGER *et al.*, 2016).

Em alguns lugares, a quantidade de água depositada no solo por meio desse fenômeno meteorológico tem uma porcentagem muito notável em relação à coletada pela precipitação pluviométrica ou até mesmo supera esse tipo de precipitação (VIDE, 1999). Soto (2000) destaca que as gotas de água em suspensão, em muitas regiões, constituem a única fonte de água. Nessa perspectiva, a atmosfera com maior teor de umidade permitiu o desenvolvimento de uma série de comunidades biológicas ao longo da extensa costa árida, como no Chile e no Peru.

Conforme Baladón (2003), a água captada dos nevoeiros tem diversas aplicações, como o abastecimento de água potável para as famílias, populações pequenas, favorecimento de água potável de baixo custo, para irrigar hortas de subsistência e fruticultura e abastecimento dos aquíferos. Para Batisha (2015), a coleta da água dos nevoeiros pode ser uma fonte de água potável e sustentável e de baixa tecnologia para a comunidade local.

Arcova *et al.* (2012, p. 1219) salientam que “são necessários estudos visando conhecer o potencial de coleta de água dos nevoeiros no sítio, a frequência de ocorrência dos mesmos, os aspectos relacionados à sazonalidade, dentre outros.” Os autores ainda sustentam que esses estudos são, geralmente, realizados com o emprego de coletores passivos de água de nevoeiros.

A interceptação e a quantificação dos nevoeiros, além de serem relevantes estudos hidrológicos, são também importantes para os estudos ecológicos (MCJANNET; WALLACE, 2006). A condensação do vapor d'água nas copas das árvores é um desses serviços, pois contribui positivamente para o balanço hídrico. Seu entendimento poderá auxiliar no equacionamento de soluções e planejamento ambiental sustentável (PEREIRA; VALCARCEL; BARBOSA, 2016).

Levando em consideração os apontamentos das pesquisas, em locais onde a ocorrência de nevoeiros é elevada, a quantidade de água depositada no solo decorrente desse fenômeno contribui para uma porcentagem muito significativa da coleta de água e até mesmo pode superar a precipitação pluvial (VIDE, 1999).

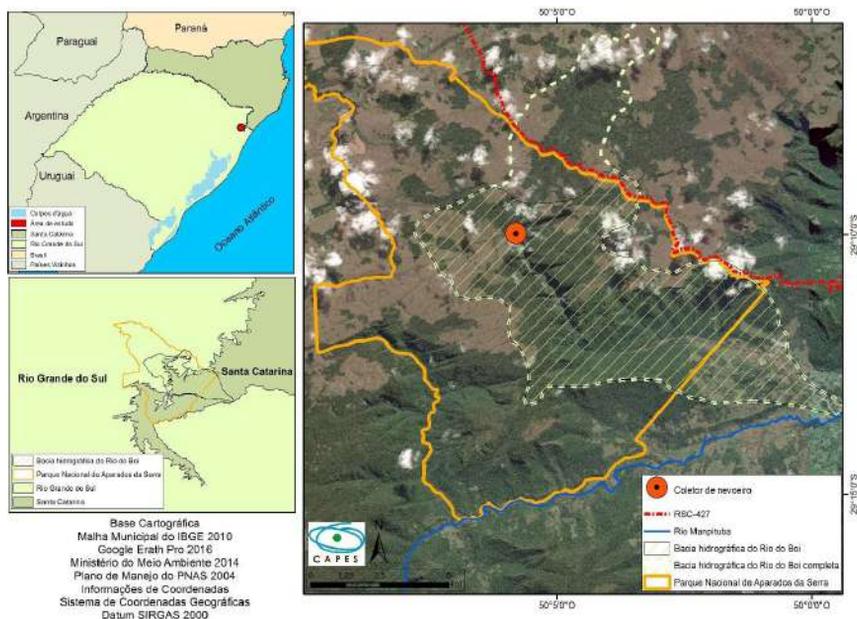
O objetivo neste trabalho foi analisar a ocorrência de nevoeiro com registro de precipitação oculta na bacia hidrográfica do Rio do Boi, localizado entre os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, em episódio ocorrido no dia 24 de novembro de 2017.

1.1. ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do Rio do Boi tem uma área de aproximadamente 73,1 km² e está inserida no limite entre dois estados brasileiros. A metade norte, que corresponde às nascentes dos cursos d'água de primeira ordem da bacia, pertence ao estado do Rio Grande do Sul, e a metade sul, com presença de quedas d'água e rios de vales encaixados, pertence ao estado de Santa Catarina.

Para esta pesquisa, utilizou-se o setor da bacia hidrográfica que abrange o cânion Itaimbezinho, inserido no Parque Nacional de Aparados da Serra (PNAS), sendo que esse setor da bacia hidrográfica (57,3 km²) foi o representado pelos equipamentos (Figura 01).

Figura 01 – Localização geográfica da bacia hidrográfica do Rio do Boi



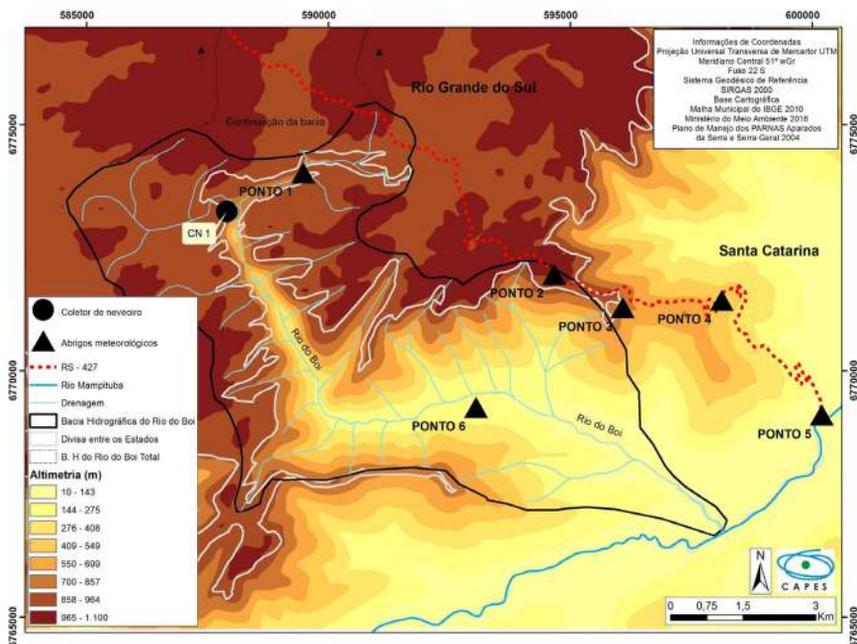
Fonte: organização dos autores com informações da Base Cartográfica IBGE (2010), Google Earth Pro (2020) e Plano de Manejo do PNAS (2004)

A área de estudo está inserida na Região Hidrográfica do Atlântico Sul (AGÊNCIA NACIONAL DA ÁGUAS – ANA, 2019), que se estende do Litoral Norte do Paraná até o litoral Sul do Rio Grande do Sul. A Bacia hidrográfica do Mampituba constitui-se, junto com a bacia do Taquari-Antas, as maiores unidades hidrológicas do Parque Nacional de Aparados da Serra.

A altimetria da bacia hidrográfica do Rio do Boi varia de 40 metros até 1030 metros acima do nível do mar. Diante disso, a amplitude altimétrica é de 989 metros, e suas maiores altitudes estão localizadas na metade norte, variando de 890 metros até 1030 metros. Cerca de 43 % da área de estudo está entre essas classes, o que corresponde a uma área de 24,8 km². No setor central da área de estudo, ocorrem as maiores variações altimétricas e tais variações acompanham o cânion Itaimbezinho, são maiores nas

bordas do cânion e menores no leito do Rio do Boi, conforme observa-se na figura 02.

Figura 02 – Variação altimétrica da bacia hidrográfica do Rio do Boi e os pontos de coleta dos dados de temperatura do ar e do coletor de neveiro (CN1)



Fonte: organização dos autores com informações da Base Cartográfica IBGE (2010), Google Earth Pro (2020) e trabalho de campo (2017)

A área de estudo, por estar localizada em clima subtropical, embora pertença a dois estados, têm as mesmas características climáticas. A classificação de Köppen foi refeita por Álvares *et al.* (2013) e Beck *et al.* (2018) e, segundo os autores, a área de estudo está na zona de transição entre os climas subtropical Cfa e Cfb. O primeiro tipo climático está presente nas áreas de menor altitude, nos vales e o segundo tem atuação na área de maior altitude, sendo áreas do topo do planalto.

Conforme o atlas climático produzido por Wrege *et al.* (2011), a média mensal da temperatura do ar para a região de estudo no mês de novembro varia entre 16,1 °C a 17,0 °C, mas Baratto *et al.* (2018) observaram que, para o mês de novembro, a temperatura média mensal de 15,3 °C, sendo assim, abaixo do apresentado pelo Atlas Climatológico da Região Sul. A umidade relativa do ar, conforme Wrege *et al.* (2011), varia de 80 a 82 %.

Nos meses de verão e de janeiro a março, ocorrem as menores amplitudes diárias e as maiores temperaturas do ar. No entanto, no período compreendido entre os meses de julho a setembro, ocorreram as maiores amplitudes da temperatura média do ar e as menores temperaturas (BARATTO *et al.*, 2018).

2. MATERIAIS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Foram adquiridos dados do coletor de nevoeiro instalado entre as coordenadas UTM 587895,95 mE 6773240,46 mS, fuso 22 e a uma altitude de 923 m. O coletor foi instalado nesse local devido à segurança, pela forte ocorrência de nevoeiros, conforme destaca o plano de manejo (MMA/ICMBio, 2000) e pelas condições geográficas também favoráveis (PATRÍCIO; GONÇALVES; DAVID, 1998; FIGUEIRA, 2008; ARCOVA *et al.*, 2016).

O coletor de nevoeiro padrão utilizado foi construído conforme modelo de Schemenauer e Cereceda (1994) e Arcova (2013), com estrutura de ferro e área de captação de nevoeiro de 1,0 m². Acoplado ao coletor, foi instalado pluviômetro de basculamento que está ligado à estação meteorológica automática móvel, cujo modelo é TR525-mm, marca Texas Instruments (GOBO, 2018). Na figura 03, observa-se o coletor de nevoeiros utilizado, bem como a Estação Meteorológica Automática (EMA) instalados na área de estudo.

Figura 03 – Localização em campo do coletor de neveiro e da estação meteorológica automática



Fonte: organização dos autores com base em trabalho de campo (2017)

O pluviômetro digital com precisão de pulsos de 0,1 mm de chuva, ou seja, com boa precisão dos registros de neveiros, operou conectado à estação meteorológica automática. Diante disso, o evento de precipitação oculta seria identificado quando só o coletor tivesse registro. Assim, comprovando que o registro feito com o coletor seria realmente do neveiro e não precipitação pluvial conforme relatam Mager *et al.* (2016).

Para entender as condições da atmosfera nos eventos de precipitação oculta, foram utilizados dados da EMA, instalada próximo ao coletor de neveiros. A EMA modelo Campbell CR1000

foi instalada entre as coordenadas UTM 587895,95 mE 6773240,46 mS, fuso 22 a uma altitude de 930 m. Os dados de temperatura e umidade relativa do ar foram registrados a cada 10 minutos e armazenados na EMA. O sensor de temperatura e umidade relativa do ar é do modelo HMP35C e foi devidamente calibrado em câmara selada com isolamento térmica (GOBO, 2018).

Juntamente com esses dados, foram analisadas as cartas sinóticas de superfície disponibilizada pelo Centro de Previsões de Tempo e Estudos Climáticos – Instituto nacional de Pesquisa Espaciais (CPTEC/INPE) e pela Marinha do Brasil, conforme horários disponíveis. Para complementar a análise dos sistemas atmosféricos atuantes foram utilizadas as imagens de satélite. As imagens de satélite GOES 16 canal 8, que foram utilizadas, são disponibilizadas pelo CPTEC. Assim, sendo necessárias as imagens, conforme os horários disponíveis das cartas sinóticas (00h e 00min e 12h e 00min).

Para a análise da temperatura do ar, conforme as diferentes cotas altimétricas nos horários de precipitação oculta, foram utilizados dados dos abrigos meteorológicos modelo ABC (BARATTO; GALVANI; WOLLMANN, 2019) instalados na área de estudo. Na figura 4a, observa-se a distribuição dos pontos de coleta dos dados. Essa distribuição se estabelece conforme as diferentes altitudes, sendo o ponto de maior altitude de 1006 metros. Na figura 4b, representa-se o modelo de mini-abrigo utilizado e em condições de campo.

Figura 04 – Distribuição dos pontos do perfil topoclimáticos na área de estudo (A) e modelo do mini-abrigo (B)



Fonte: organização dos autores com dados do Google Earth (2020) e trabalho de campo (2017)

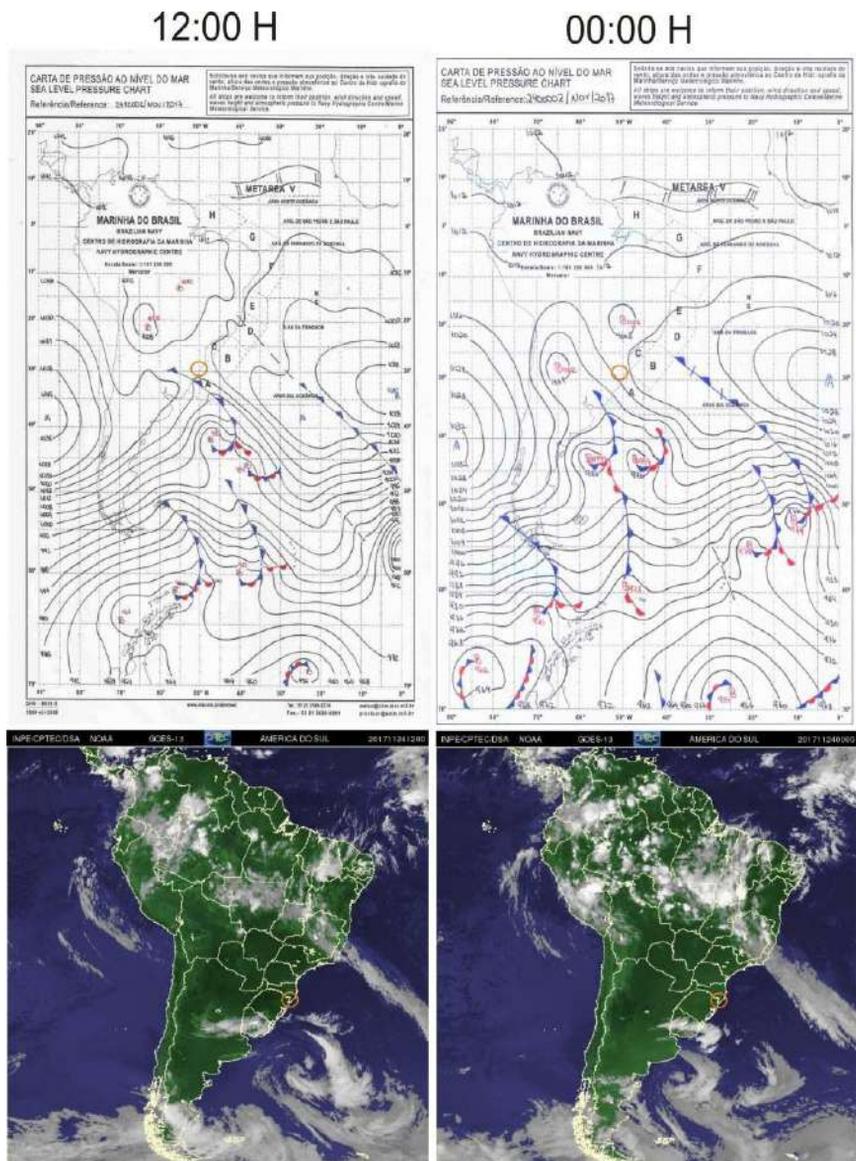
Os dados de temperatura do ar foram trabalhados em planilha eletrônica para a análise estatística e geração de gráficos e tabelas. Na análise estatística, utilizou-se a média e o coeficiente de correlação. Os dados de precipitação oculta, temperatura do ar, umidade relativa do ar, foram organizados e tabulados em planilhas eletrônicas para auxiliar a análise. Assim, foi aplicada análise estatística descritiva (média, desvio, máxima, mínima) e os parâmetros de coeficiente de correlação linear e regressão (GERARDI; SILVA, 1981; BUSSAB; MORETTIN, 2010; ANDRIOTTI, 2013), além da geração de gráficos e tabelas.

3. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Ao analisar as cartas sinóticas e as imagens de satélites, com o intuito de entender a gênese da ocorrência dos nevoeiros na baía hidrográfica do Rio do Boi, identificou-se a atuação da Massa Polar Velha (mPv). Além da atuação desse sistema, identificou-se a presença de uma Frente Polar Reflexa em processo de frontólise, entre a mPv e a Massa Tropical Atlântica (mTa), com ventos de nordeste/leste, que carregam a umidade vinda do oceano para o continente. Tendo em vista essa elevada umidade no ar, aumenta a probabilidade de ocorrência de nevoeiros conforme aponta Figueira (2008). Arcova *et al.* (2016) também salientam que as formações dos nevoeiros ocorrem em áreas com maior altitude, que, localizadas próximas à costa, sofrem a influência de massas de ar úmidas provenientes dos oceanos.

Conforme Sartori (2003, 2016), a mPv é um dos sistemas extratropicais que mais controlam a circulação secundária regional em qualquer estação do ano. A autora ainda ressalta que, na maioria das vezes, a mPv domina de 1 a 6 dias após a permanência de 1 a 4 dias da mPa ou logo depois da passagem da Frente Fria (FF). Na figura 05, observa-se a atuação da mPv, com destaque para a área de estudo.

Figura 05 – Cartas sinóticas (superiores) e imagens de satélite (inferiores) no dia 24 de novembro de 2017



O tipo de tempo associado à atuação da mPv, conforme Sartori (2003, 2016), é o Tempo Anticiclônico Aquecido. Esse tipo de tempo é resultado do domínio da mPv, que registra o aumento das temperaturas máximas de 25,0 °C e mínimas de 15,0 °C. As máximas absolutas podem ser superiores a 30,0 °C, ocasionando a elevada amplitude térmica. Em dias com atuação desse tipo de tempo, a umidade relativa do ar diminui, principalmente à tarde, ficando inferior a 60 %. O céu é limpo e a pressão atmosférica é menor quando comparada com os dias anteriores, os ventos são fracos e de Leste (E) e Nordeste (NE), também ocorre a formação de orvalho no período da manhã.

No dia 24 de novembro de 2017, foram registrados dois eventos de precipitação oculta. Conforme o plano de manejo do PNAS, durante a primavera, as melhores condições para a formação de nevoeiro são entre a segunda quinzena de novembro e primeira de dezembro. Nesse período, eles ocorrem de forma isolada, principalmente ao amanhecer (MMA/IBAMA, 2004).

A temperatura média diária no dia selecionado foi de 17,2 °C e a umidade relativa do ar de 75,3 %. Considerando que os episódios analisados ocorreram na primavera, a temperatura do ar média do dia corrobora o que referem Baratto *et al.* (2018) e o Atlas Climatológico da Região Sul (WREGG *et al.*, 2011). Diante disso, esses registros foram de acordo com a média da área de estudo. Nesse sentido, Serra (1978) já ressaltava que, para a formação dos nevoeiros no Brasil, a temperatura do ar média tende a variar entre 16,0 °C a 22,0 °C.

O valor absoluto para a temperatura máxima foi de 28,9 °C e, para a mínima, de 9,5 °C. No entanto a umidade relativa do ar máxima foi de 97,7 % e a mínima 18,0 %. A amplitude térmica para esse dia foi elevada: 19,5 °C. A amplitude hídrica foi de 79,8 %, também elevada, conforme a tabela 01.

Tabela 01 – Parâmetros estatísticos para os dados de temperatura e umidade relativa do ar, conforme os dados da EMA, para o dia 24 de novembro de 2017

Parâmetros	Temperatura (° C)	Umidade relativa do ar (%)
Média	17,2	75,3
Máxima	28,9	97,7
Mínima	9,5	18,0
Amplitude	19,5	79,8

Fonte: organização dos autores com base em trabalho de campo (2017)

Os nevoeiros têm sua formação ligada a partir do resfriamento do ar até o ponto de orvalho em uma pressão constante. Com isso, sua formação envolve praticamente a retirada de calor do ar, que ocorre por meio do resfriamento, por radiação ou pelo movimento do ar sobre o solo frio (RIEHL, 1965).

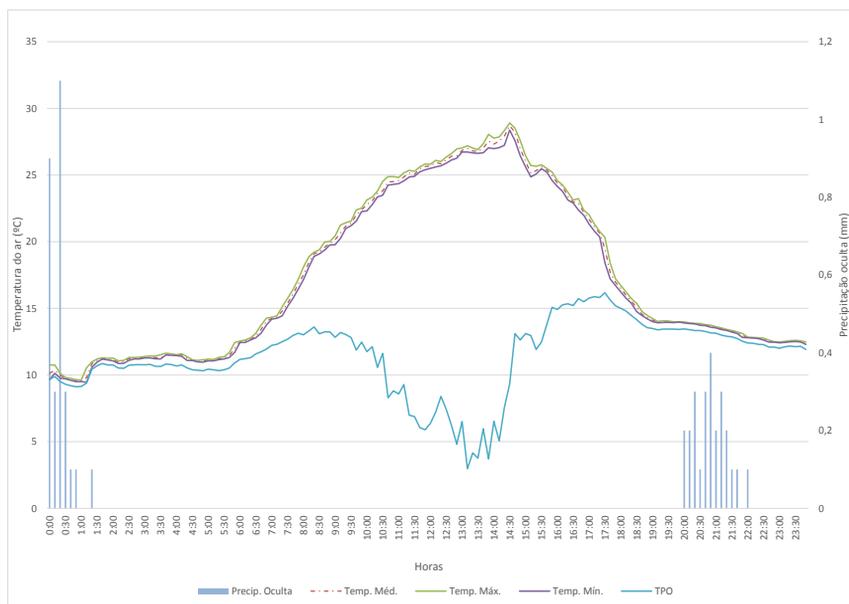
Ao observar a relação entre a temperatura do ar e a temperatura do ponto de orvalho na ocorrência de precipitação oculta, verificou-se que o registro de precipitação oculta ocorreu quando os valores registrados das duas temperaturas estavam mais próximos, favorecendo a formação de gotículas. Nos períodos de ocorrência de precipitação oculta, a amplitude entre as duas temperaturas (temperatura do ar e temperatura do ponto de orvalho) variou de 0,4 °C a 0,5 °C.

No entanto, na literatura, encontra-se que a temperatura de ponto de orvalho está ligada à formação de nevoeiros, sendo que, para Vianello e Alves (1991), em condições normais, a temperatura do ponto de orvalho é uma temperatura crítica entre o estado de vapor e a condensação d'água na atmosfera. Talaia e Vigário (2018) também colocam que a temperatura do ponto de orvalho é a temperatura até a qual o ar úmido deve ser resfriado, a pressão e razão de mistura constantes, para que atinja a saturação em relação a água líquida.

Eugster (2008) aponta que os nevoeiros muito densos são formados pela fase líquida e gasosa, sendo que a maior parte da água atmosférica está na forma gasosa, não na fase líquida.

Isso pode explicar por que ocorre a coleta de precipitação oculta quando a temperatura do ponto de orvalho e a temperatura do ar não são iguais¹, mas ocorre nevoeiro e coleta de água. Observa-se essa variação na figura 06.

Figura 06 – Precipitação oculta e temperatura média, máxima e mínima e temperatura do ponto de orvalho para o dia 24 de novembro de 2017



Fonte: organização dos autores com base em trabalho de campo (2017)

Na figura 06, observa-se que, nas primeiras horas do dia, ocorreu o registro mais elevado de precipitação oculta, com 1,1 mm no intervalo de 10 minutos. No período de 00h e 00min até às 02h e 00min, o coletor registrou 2,8 mm. No período noturno (20h e 00min até 23h e 00min), a precipitação oculta registrada foi de 2,5 mm. No dia 24 de novembro de 2017,

¹ Parte dessa diferença associa-se também à precisão dos sensores de temperatura do ar (incluir o valor °C), ou seja, valores com diferença inferior a esse valor podem ser consideradas como iguais.

o total diário de precipitação oculta para os dois eventos analisados foi de 5,4 mm/dia (5,4l/m²/dia).

Estrela *et al.* (2008) analisaram a coleta de nevoeiros por meio do coletor cilíndrico, em Valência, na região leste da Espanha. A pesquisa foi realizada no ano de 2004, quando identificaram que a ocorrência de precipitação oculta anual pode variar entre 7,0 l/m²/dia, nos locais mais elevados (ao sul), em contraste com 2,0l /m²/dia coletados ao norte. Assim, os autores perceberam que há um gradiente de aumento da coleta de precipitação oculta do norte (670 metros) para o sul (1139 metros).

Em Otago, na Nova Zelândia, Mager *et al.* (2016) quantificaram a incidência de nevoeiros e o volume de precipitação oculta a uma altitude de 650 metros. Os autores constataram que a precipitação oculta contribuiu para 1,5 % do total de precipitação no ano de 2015. Arcova (2013), ao analisar a precipitação oculta em uma área experimental do Laboratório de Hidrologia Florestal na região da Serra do Mar, em Cunha/SP, identificou que a deposição de água de nevoeiro durante eventos sem chuva foi de 2,3 mm, correspondendo a 0,12 % da precipitação pluviométrica total do período de outubro de 2009 até dezembro de 2012.

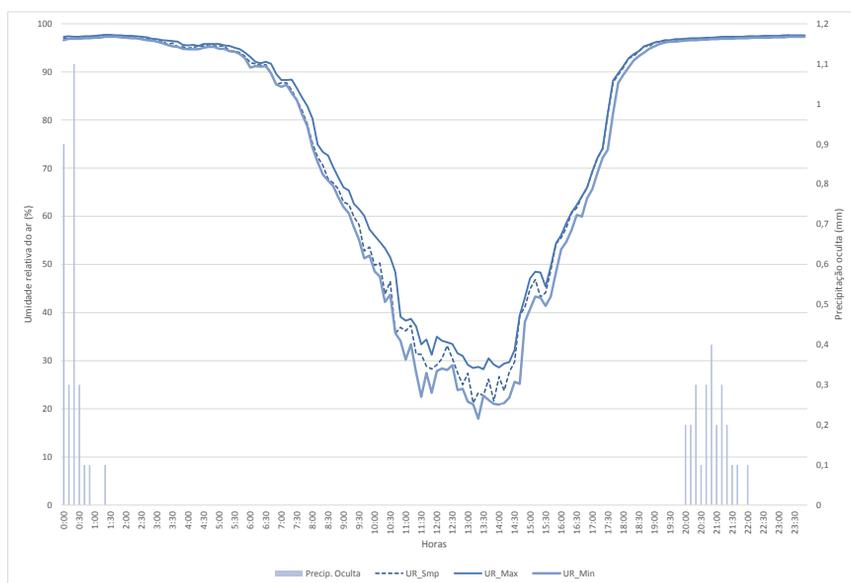
Nesta pesquisa, apesar de a verificação da precipitação oculta ter sido feita em apenas um dia, os resultados estão de acordo com o apresentado na literatura e contribuem para a precipitação total da área de estudo. Identificou-se que a precipitação pluviométrica para o PNAS foi de 78,5 mm.

Observou-se, neste estudo, que o registro de precipitação oculta ocorreu quando a umidade relativa do ar estava entre 96,9 % e 97,3 %. Diante disso, nos registros de precipitação oculta, a umidade estava em processo de saturação noturna. Nesse contexto, Esfandyarnejad *et al.*, (2009 apud DAVTALAB; SALAMANT, 2013) afirmam que, com a umidade relativa do ar entre 90-98 %, há condições para a formação de nevoeiros.

Os autores referem que, dependendo das características específicas de densidade e a umidade relativa variando entre 68-90 %, pode ocorrer a coleta de água. Para Pereira, Angelocci e Sentelhas

(2002), em campo, quando a umidade relativa do ar ultrapassar 95 %, pode ocorrer a deposição de orvalho na superfície. Logo, nos períodos de precipitação oculta, observa-se que a umidade relativa do ar condiz com o apresentado pela literatura. Na figura 07, observa-se a variação diária da umidade relativa do ar.

Figura 07 – Precipitação oculta e a umidade relativa do ar média, máxima e mínima para o dia 24 de novembro de 2017



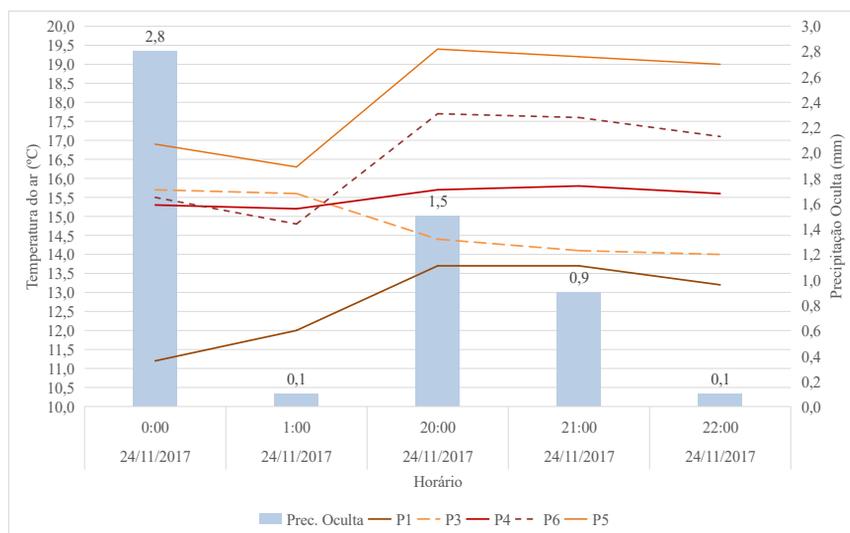
Fonte: organização dos autores com base em trabalho de campo (2017)

Na figura 07, observa-se a variação topoclimática da temperatura do ar horária nos registros horários de precipitação oculta. Diante disso, observou-se que, na primeira hora (00h e 00 min) de ocorrência de precipitação oculta, a temperatura do ponto de maior altitude (P1) foi a mais baixa com 11,2 °C, no entanto, no ponto P5, menor altitude, registrou a maior temperatura nesse horário, registrando 16,9 °C. Nos outros pontos, P3 (772 m), P4 (495 m) e P6 (196), a temperatura do ar registrada foi de 15,7 °C, 15,3 °C e 15,5 °C, respectivamente.

Na segunda hora de ocorrência de precipitação oculta (01h e 00 min), o ponto de maior altitude registrou a menor temperatura do ar, sendo o P1 (930 m) com 12,0 °C. O P5 registrou a maior temperatura do ar com 16,3 °C, sendo este ponto o de menor altitude. Da mesma maneira que na primeira hora de ocorrência de precipitação oculta, a temperatura entre os pontos P3, P4 e P6 diminuiu ao invés de aumentar. Diante disso, as temperaturas foram de 15,6 °C, 15,2 °C e 14,8 °C, respectivamente.

Nos dois momentos, ocorreu a inversão térmica na cota de 772 e 196 m. No primeiro momento entre as cotas mais elevadas, ou seja, 772 e 495 m. No segundo momento, entre as cotas 772 e 196 m. No entanto, ressalta-se que o ponto de coleta dos nevoeiros é na cota de 930 m. Na figura 08, observa-se a variação da temperatura do ar nos pontos analisados e a ocorrência de precipitação oculta para a bacia hidrográfica do Rio do Boi.

Figura 08 – Ocorrência de precipitação oculta e a variabilidade da temperatura do ar nos diferentes pontos do perfil topoclimático



Fonte: organização dos autores com base em trabalho de campo (2017)

Nas últimas horas em que houve o registro de precipitação oculta na área de estudo, observou-se que a variação da temperatura no perfil topoclimático foi conforme o esperado e o relatado na literatura. Dessa forma, ocorre a diminuição da temperatura do ar com o aumento da altitude. Essa variação é observada a partir das 18 h e 00 min, mas o registro de precipitação oculta começa a partir das 20h e 00 min até as 2h e 00 min.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisar a precipitação oculta ocorrida no dia 24 de novembro de 2017, observou-se que a umidade relativa do ar esteve em processo de saturação devido à temperatura do ar estar muito próxima da temperatura do ponto de orvalho. Diante disso, os registros de precipitação oculta foram no período de resfriamento do ar, quando também ocorre os maiores valores de umidade relativa do ar, o que vem a contribuir com a literatura. Observou-se, também, que as condições atmosféricas estavam apropriadas para a formação dos nevoeiros, com a atuação da mPv.

Outro fator levado em consideração foi a variação da temperatura do ar conforme a altitude no horário de ocorrência de precipitação. Nesse sentido, verificou-se que, no horário de maior registro de precipitação oculta (2,8 mm), a variação altimétrica da temperatura do ar estava em inversão térmica entre as cotas de 772 e 495 metros. Ocorreu também inversão térmica, no segundo horário de precipitação oculta. No entanto, no registro de precipitação oculta do período noturno, a variação da temperatura do ar não apresenta processo de inversão térmica.

Desse modo, os dois eventos de precipitação oculta que ocorreram, o primeiro nas primeiras horas do dia, e o segundo no período noturno, totalizaram 5,6 mm. Assim, levando em consideração que, a partir do dia 12 de novembro de 2017, quando começaram a coleta dos dados no coletor de nevoeiros, a precipitação pluvial do mês foi de 78,5 mm,

a quantidade de precipitação oculta registrada nesse dia correspondeu a 6,9 % da chuva precipitada do mês. Diante disso, apenas com esses dois eventos de precipitação oculta registrados pelo coletor, identificou-se que a precipitação total (precipitação pluviométrica + precipitação oculta) do mês de novembro de 2017 foi de 83,9 mm.

5. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Edital CAPES 071/2013 – Processo número 88881.068465/2014-01. A primeira autora agradece à CAPES pela concessão da bolsa de Doutorado. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

6. LISTA DE SIGLAS

ANA – Agência Nacional das Águas
Cfa – Clima Subtropical Úmido
Cfb – Clima Oceânico Temperado
EMBRAPA – Empresa Brasileira de pesquisa agropecuária
MMA – Ministério do Meio Ambiente
EMA – Estação Meteorológica Automática
CEPTEC – Centro de Previsões de Tempo e Estudos Climáticos
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
MPV – Massa Polar Velha
MTA – Massa Tropical Atlântica
MPA – Massa Polar Atlântica
FF – Frente Fria
E – Leste
NE – Nordeste
PNAS – Parque Nacional de Aparados da Serra

7. REFERÊNCIAS

ANDRIOTTI, J. L. S. **Fundamentos de estatística e geoestatística**. 2º reimpressão. São Leopoldo: Editora Unisinos, 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS – ANA. **Regiões hidrográficas**: região hidrográfica do Atlântico Sul. Disponível em: <http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/as-12-regioes-hidrograficas-brasileiras/atlantico-sul>. Acesso em: 25 mar. 2019.

ÁLVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ARCOVA, F. C. S. **Avaliação do potencial hidrológico dos nevoeiros e da precipitação oculta em ambiente de Floresta Ombrófila Densa Montana na Serra do Mar, Cunha, SP**. 2013. 175 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

ARCOVA, F. C. S. **Avaliação do potencial hidrológico dos nevoeiros e da precipitação oculta em ambiente de Floresta Ombrófila Densa Montana na Serra do Mar, Cunha, SP**. 2013. 175 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

ARCOVA, F. *et al.* Ocorrência de nevoeiros em uma microbacia experimental na Serra do Mar, Cunha, SP. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 12, v. 18, p. 327-348, jan/jun. 2016.

BALADÓN, A. B. Captación de nieblas: fundamentos, experiencias y aplicaciones en el ámbito forestal. **Revista Montes**, n. 73, p. 59-68, 2003.

BARATTO, J. *et al.* A Variabilidade da Temperatura do ar no Parque Nacional de Aparados da Serra em diferentes Escalas Climáticas. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 2018, Juiz de Fora. **Anais** [...]. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2018. p. 658-667.

BARATTO, J.; GALVANI, E.; WOLLMANN, C. A. Performance de abrigo de baixo custo para registros de temperatura e umidade relativa do ar em condição de campo. *In*: PINHEIRO, L. S.; GORAYEB A. **Geografia física e as mudanças globais**. Fortaleza: Editora da UFC, 2019. p. 1-14. E-book.

BATISHA, A. F. Feasibility and sustainability of fog harvesting. **Sustainability of Water Quality and Ecology**, 6, p. 1-10, 2015.

BECK, H. E. *et al.* Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. **Scientific Data**, v. 5, n. 1, p. 1-12, 30 out. 2018.

BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. **Estatística básica**. 6. ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

DAVTALAB, R.; SALAMANT, A. Water Harvesting from Fog and air Humidity in the Warm and Coastal Regions in the South of Iran. *In*: 21° CONGRESS INTERNATIONAL COMMISSION ON IRRIGATION AND DRAINAGE, **Anais [...]** Teheran, Iran. p. 67-82, 2013.

EUGSTER, W. Fog research. **Die Erde**, Berlin, v. 139, n. 1-2, p. 1-10, 2008.

ESTRELA, M. J. *et al.* Fog collection in the western Mediterranean basin (Valencia region, Spain). **Atmospheric Research**, v. 87, p. 324-337, 2008.

FIGUEIRA, C. O. N. **Estudo da precipitação oculta nas florestas naturais do norte do Paul da Serra, Ilha da Madeira**. 2009. 109 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia da Paisagem e Conservação da Natureza) – Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Porto, 2009.

FURTADO, F. J. R. **A captação da água no nevoeiro no Parque Natural de Serra Malagueta**. 2009. 68 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente – Departamento de Ambiente e Ordenamento) – Universidade do Aveiro, Aveiro, 2009.

GERARDI, L. H. O.; SILVA, B. C. N. **Quantificação em Geografia**. São Paulo: DIFEL, 1981.

GOBO, J. P. A. **Bioclimatologia subtropical e modelização do conforto humano: da escala local à regional**. 2018. 396 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Programa de Pós-graduação em Geografia Física). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

MAGER, S. M. *et al.* Quantifying the amount and incidence of fog at a mid-altitude site in the Saint Mary's Range, Otago, New Zealand. **Journal of Hydrology**, p. 107-120, 2016.

MCJANNET, D.; WALLACE, J. **Methodology for estimating cloud interception inputs to tropical rainforest**. Black Mountain: CSIRO, p. 14, 2006. (CSIRO Land and Water Science Report 6/6).

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano de manejo**: Parque Nacional de Aparados da Serra e Serra Geral. Brasília, DF: SOCIOAMBIENTAL – Consultores Associados, 2004.

PATRÍCIO, M. do S.; GONÇALVES, A. C.; DAVID, J. S. Intercepção horizontal do nevoeiro pela vegetação. **Silva Lusitana**, p. 247-256. 1998. Disponível em: <https://bibliotecadigital.ipb.pt/handle/10198/3888>. Acesso em: 5 set. 2016.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia**: Fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária, 2002.

PRADA, S. L. R. N. Concepção e acompanhamento de estações de recolha de água: captura de água atmosférica. *In*: RODRIGUEZ LORENZO, J. A. (coord.). **O potencial hídrico do nevoeiro na ilha da Madeira**. Santa Cruz de Tenerife: Fundación Global Nature, 2008. p. 231-241.

PRADA, S. L. R. N. Aprender Madeira. **Precipitação oculta**. Portugal. 2016. Disponível em: <http://aprenderamadeira.net/precipitacaooculta/>. Acesso em: 5 out. 2016.

RIEHL, H. **Introduction to the atmosphere**. International student edition. Tokyo, 1965.

SARTORI, M. G. B. **O Vento Norte**. Santa Maria: DR Publicidade, 2016.

SARTORI, M. D. B. A dinâmica do clima no Rio Grande do Sul: indução empírica e conhecimentos científicos. **Revista Terra Livre**, São Paulo, v. 1, n. 20, p. 27-49, jan./jul. 2003.

SCHEMENAUER, R. S.; CERECEDA, P. A proposed standard fog collector for use in high-elevation regions. **Journal of Applied Meteorology**, Boston, v. 33, n. 11, p. 1313-1322, nov. 1994.

SERRA, A. Climatologia do Brasil: nevoeiros e orvalho. **Boletim Geográfico**, v. 256, n. 36, p. 118-156, jan/mar. 1978.

SOTO, G. Captación de água de las nieblas costeras (Camanchaca), Chile. *In*: ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. Manual de captación y aprovechamiento del água de lluvia: experiencias en América Latina. Santiago, Chile: Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación, 2000. p. 131-162. (Serie: Zonas Áridas y semiáridas, n. 13).

TALAIA, M.; VIGÁRIO, C. Temperatura de ponto de orvalho: um risco ou uma necessidade. *In*: LORENÇO, L. (coord.). **Geografia, cultura e riscos**. Coimbra: Imprensa da Universidade Federal de Coimbra, 2018. p. 179-197.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: UFV, 1991.

VIDE, J. M. **Fundamentos de climatologia analítica**. Madrid: Sínteses, 1999.

WREGE, M. S.; STEINMETZ, S.; REISSER JÚNIOR, C.; ALMEIDA, I. R. **Atlas Climático da Região Sul do Brasil**: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2011.



CAPÍTULO 04

CALENDÁRIO AGRÍCOLA DA FUMICULTURA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JACUIZINHO/RS

*Vagner Apollo Duarte
Cássio Arthur Wollmann*

Resumo

Um dos fatores determinantes na contribuição da variabilidade dos elementos climáticos é a altitude. Nesse contexto, as variações desses elementos causam efeitos diversos no desenvolvimento do cultivo do tabaco, seja um efeito de aceleração, seja de atraso no ciclo fenológico deste. No entanto, diante da variação dos elementos climáticos essenciais (precipitação pluviométrica e temperatura), no presente trabalho, tem-se como objetivo a elaboração do calendário agrícola do tabaco para a bacia hidrográfica do Rio Jacuizinho/RS, baseando-se nos dados de precipitação pluviométrica, temperatura média do ar (estimativa) e informações sobre as etapas principais do cultivo por meio de entrevistas com os produtores de tabaco. Os resultados dessa análise mostram que o cultivo não é homogêneo na extensão territorial da bacia, principalmente devido ao início tardio de semeadura e plantio nas áreas de maior altitude.

Palavras-chave:

Altitude. Elementos Climáticos. Tabaco. Calendário Agrícola. Bacia Hidrográfica.

1. INTRODUÇÃO

O clima, por meio da variabilidade dos elementos, torna-se o condicionante primário na contribuição, tanto de forma negativa como positiva na produção agrícola. A variação climática pode ser atribuída à interação entre os fatores climáticos, como continentalidade, maritimidade, vegetação, relevo, tipo de solo, altitude e longitude, os quais determinam a formação do clima local.

Tanto em escala local como regional ou global, as condições meteorológicas atuam no sistema produtivo agrícola como fatores exógenos que afetam diretamente o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade das plantas. A planta, durante o seu ciclo fenológico responde a essas condições meteorológicas, as quais formam uma combinação de fatores que podem variar desde os mais favoráveis até os mais desfavoráveis no que tange ao crescimento e à produtividade dos vegetais (MONTEIRO, 2009).

Nesse contexto, um dos fatores determinantes na duração das fases do ciclo fenológico dos cultivos é a altitude, que contribui para aumento ou diminuição das temperaturas nas escalas regional, sub-regional e, principalmente, topoclimática. Isso ocorre em consequência da rarefação do ar pela pressão atmosférica. Além disso, a relação altitude e relevo contribui na distribuição espacial das chuvas em virtude do efeito orográfico (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002).

O aumento ou a diminuição das temperaturas e a variação pluviométrica devido às variações de altitude no terreno, implica uma série de processos na fisiologia do cultivo: germinação, repouso vegetativo, indução ao crescimento e floração, ou seja, a duração das fases fenológicas das culturas pode se tornar mais rápida ou mais tardia. Diante disso, o conhecimento das fases fenológicas de um cultivo torna-se importante na elaboração do calendário agrícola de qualquer sistema de produção criado pelo homem (MAVI; TUPPER, 2014).

Algumas práticas agrícolas são altamente recomendadas para que o agricultor tenha sucesso em todas as fases de sua produção. Uma delas, que está sempre entrelaçada à produção, é a utilização do calendário agrícola, com intenção de reduzir os custos e riscos, tornando-se, assim, ferramenta importante para os agricultores iniciarem a safra. Esse suporte vai detalhar as necessidades da planta, ou seja, auxilia o produtor a planejar a sua safra, orientando-o sobre a melhor época para plantio, colheita, adubação e outras informações necessárias referentes a planta (SANDRE; FIORELLI, 2009).

Analisar a interferência do fator altitude na escala topoclimática, visando à influência da variabilidade dos elementos climáticos no desenvolvimento do tabaco na bacia hidrográfica do Rio Jacuizinho/RS tornou-se a preocupação central nesta pesquisa. Tendo-se o conhecimento das variáveis climáticas locais (temperatura e precipitação), aliado à coleta de informações acerca da percepção dos agricultores, será possível estabelecer o calendário agrícola do tabaco na bacia hidrográfica do Rio Jacuizinho/RS.

O desenvolvimento deste trabalho, baseou-se em informações sobre as etapas principais do cultivo por meio de entrevistas com os produtores de tabaco, dados de temperatura do ar (estimativa) e precipitação pluviométrica. Foram efetuadas o total de 22 entrevistas com produtores de tabaco, entre os oito municípios que compõem a bacia hidrográfica do Rio Jacuizinho.

Buscaram-se informações sobre as principais fases do cultivo, especificamente, a época/mês de semeadura, germinação e crescimento, plantio, desenvolvimento na lavoura e início e término de colheita. O modelo do questionário utilizado para a coleta dessas informações consta no quadro da figura 01.

Figura 01 – Questionário utilizado nas entrevistas aos produtores de tabaco, na bacia hidrográfica do Rio Jacuizinho/RS

Atividades	Município do Produtor							
	Ibarama	Estrela Velha	Sobradinho	Arroio do Tigre	Passa Sete	Segredo	Tunas	Lagoão
Pis								
Pg								
Pp								
Pic								
Ptc								

Fonte: os autores

Em que:

Pis = Período inicial de semeadura;

Pg = Período de germinação;

Pp = Período de início do plantio;

Pic = Período do início da colheita;

Ptc = Período do término de colheita.

Foi aplicado um questionário para cada produtor, sendo marcado com um “X” o município que o produtor residia e nos itens de interesse solicitados, as datas de cada atividade que o produtor exercia. Entre os 22 questionários, dois foram aplicados em Ibarama; dois em Sobradinho; dois em Arroio do Tigre; três em Passa Sete; três em Segredo; quatro em Lagoão; três em Tunas; três em Estrela Velha. Posteriormente, todas essas informações foram expostas em um quadro, contendo em conjunto dados de temperatura para cada fase.

Os dados de temperatura média do ar foram adquiridos por meio de cálculos de estimativa em que, pela altitude e pelas coordenadas geográficas, é possível determinar essa variável (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2006). Para isso, utilizou-se a equação 01 é representada da seguinte forma:

EQUAÇÃO 01

$$T_m = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{Altitude (m)} + \beta_2 \cdot \text{Latitude (graus)} + \beta_3 \cdot \text{Longitude (graus)}$$

Em que:

T_m = Temperatura média;

β₀ = Constante;

β₁ = Altitude;

β₂ = Latitude;

β₃ = Longitude.

As informações geográficas para aplicar na fórmula foram divididas por curvas de nível, de 100 em 100 m de altitude. Assim, a cada 100 m, foram selecionados cinco pontos entre o intervalo de uma curva e outra, sendo que, na bacia hidrográfica do rio Jacuizinho, as curvas de nível variam de 85 (leito do rio principal) a 700 m (ponto mais elevado). Após a realização dos cálculos da temperatura média do ar, os dados foram tabulados no Excel 2016 separados por altitude (100 em 100 m) e também por estágio vegetativo do tabaco.

Os dados referentes à precipitação pluviométrica na área de estudo foram solicitados à Cooperativa Tritícola de Espumoso Ltda. (COTRIEL), que os cedeu e autorizou a utilização para esta pesquisa. A COTRIEL possui equipamentos de coletas em diversos municípios, como Sobradinho, Estrela Velha e Arroio do Tigre, que fazem parte da área fumicultora em estudo, e outros, que ficam ao entorno.

De acordo com o responsável pelo Setor de Comunicação Roger Nicolini, em cada município sede da empresa, há aparelhos pluviométricos de medições que ficam a cerca de 1,30 m do chão e fornecem dados diários. Esses aparelhos foram adquiridos para o espaço-temporal de 10 anos (2008-2018) (Tabela 01).

Tabela 01 – Postos pluviométricos

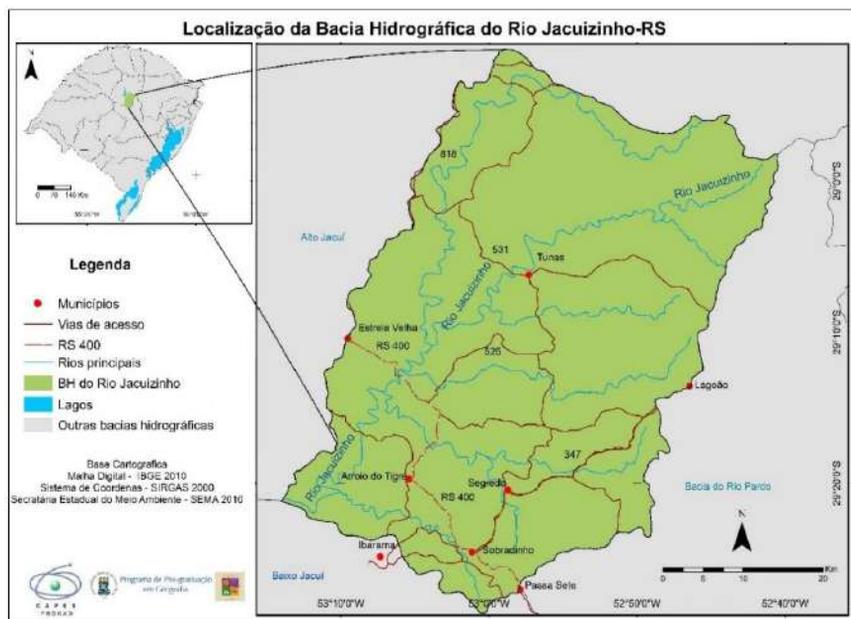
Estações/municípios	Latitude	Longitude	Sist. Coord.	Altitude
Cotriel Arroio do Tigre	-29° 20' 29"	-53° 04' 57"	SIRGAS 2000	368 m
Cotriel Estrela Velha	-29° 10' 41"	-53° 09' 33"	SIRGAS 2000	404 m
Cotriel Jacuizinho	-29° 02' 04"	-53° 03' 36"	SIRGAS 2000	322 m
Cotriel Sobradinho	-29°25' 30"	-52° 58' 42"	SIRGAS 2000	575 m
Cotriel Depósito	-28° 09' 45"	-52° 08' 07"	SIRGAS 2000	604 m
Cotriel Barros Cassal	-29° 10' 46"	-52° 58' 08"	SIRGAS 2000	614 m

Fonte: COTRIEL (2019)

Ressalta-se que foram utilizados apenas os dados referentes aos meses em que a precipitação pluviométrica causa algum impacto biológico na planta, ou seja, a partir da fase de plantio, correspondente aos meses de julho a março. De posse desses dados, foi possível calcular a precipitação média mensal referente ao calendário agrícola (julho-março) para a bacia hidrográfica do Rio Jacuizinho/RS.

Segundo a Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA, 2014), a bacia hidrográfica do Rio Jacuizinho está localizada na porção centro-norte do Estado do Rio Grande do Sul, e sua área de abrangência estende-se por aproximadamente 1.207,845 km² (Figura 02).

Figura 02 – Localização Bacia Hidrográfica do Rio Jacuizinho/RS



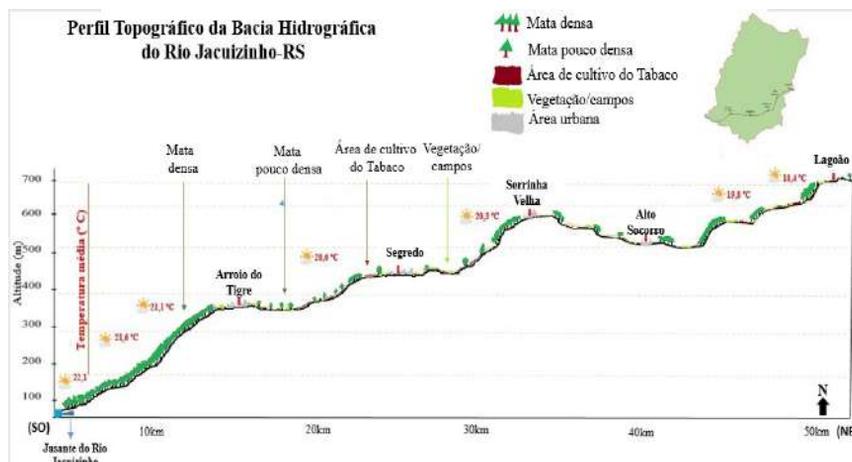
A bacia hidrográfica do Rio Jacuizinho é uma das Unidades de Planejamento e Gestão (UPG) que faz parte da bacia hidrográfica do Alto Jacuí, que, por sua vez, pertence à região hidrográfica do Guaíba, uma das mais importantes do estado do Rio Grande do Sul. Sua importância deve-se a questões econômicas, como a pecuária e, principalmente, agrícola, além de possuir redes de drenagem que contribuem para a geração de energia hidroelétrica (COMITÊ DE GERENCIAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO JACUÍ (COAJU), 2009).

Tratando-se de agricultura, a bacia hidrográfica do Rio Jacuizinho tem a fumiicultura como uma das principais fontes de renda na área rural. Por se tratar de uma bacia de pequeno porte, o calendário agrícola do cultivo não é homogêneo entre os oito municípios produtores, e o principal aspecto físico que contribui para

essa diferenciação é a altitude. Ao traçar um perfil topográfico na área com a maior concentração da plantação de tabaco, a altitude varia entre 85 m, à jusante do rio principal, a 700 m, onde se localiza o município de Lagoão, uma distância de aproximadamente 50 quilômetros entre os dois pontos.

No perfil topográfico (Figura 03), é possível identificar como a altitude influencia na temperatura ao longo do perfil. Assim, à jusante, a temperatura média do ar fica em torno de 22,1 °C e, no ponto mais elevado do perfil, onde se localiza o município de Lagoão, a temperatura média do ar fica em torno dos 18,4 °C. Entre um ponto e o outro do perfil, a temperatura média tende a variar 3,7 °C, cerca de 0,5 °C em média a cada 100 metros de altitude.

Figura 03 – Perfil Topográfico Bacia Hidrográfica do Rio Jacuizinho/RS, evidenciando seu alto gradiente altimétrico (700m) em uma pequena distância (50km)



Fonte: os autores

Ao longo desse perfil, o uso da terra é bastante diversificado. Próximo à jusante do Rio Jacuizinho, há o predomínio de mata densa devido aos acentuados relevos, sem a existência de ação antrópica. Do município de Arroio do Tigre até Lagoão, as áreas declivosas diminuem e aumentam consideravelmente as áreas

de cultivo de tabaco, soja, culturas de subsistência (mandioca, batata, milho), áreas de vegetação rasteira e campos. Devido à grande ação antrópica nas partes onde o relevo é ondulado, a mata é pouco densa, com predomínio de capões em áreas de encosta e próximo a vales de arroios.

Conforme observado no perfil topográfico, a temperatura média do ar apresenta grande variação devido ao gradiente altimétrico que compõe essa área da bacia hidrográfica. Obviamente, além da contribuição para a variabilidade da temperatura do ar, a altitude nesse local também altera a distribuição das chuvas devido à orografia. Essa variabilidade dos elementos climáticos, aliada à questão da altitude, exige dos produtores de tabaco um conhecimento detalhado dessas informações para evitar perdas durante uma safra, seja por questões climáticas, seja por gastos com investimentos.

2. PROPOSTA DO CALENDÁRIO AGRÍCOLA DO TABACO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JACUIZINHO/RS

Considerando as entrevistas com os produtores de tabaco, foi determinado um quadro com todas as informações adquiridas em relação aos estágios fenológicos do tabaco, oriundos da percepção durante uma safra. As principais fases do desenvolvimento do tabaco destacadas são: semeadura, germinação e crescimento no canteiro, plantio, desenvolvimento na lavoura, início de colheita e término de colheita (Figura 04).

Figura 04 – Percepção dos agricultores em relação ao ciclo do cultivo do tabaco

ESTÁGIOS FENOLÓGICOS DO TABACO, SEGUNDO IMFORMAÇÕES DOS PRODUTORES DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JACUIZINHO - RS						
	SEMEADURA	GERMINAÇÃO/ CRESCIMENTO	PLANTIO	DESENVOLVIMENTO NA LAVOURA	INÍCIO DE COLHEITA	TÉRMINO DE COLHEITA
Principais fases do desenvolvimento do cultivo de tabaco	Segunda quinzena de maio > Primeira quinzena de junho	Segunda quinzena de junho > Segunda quinzena de agosto	Segunda quinzena de agosto > Primeira quinzena de setembro	Período pré-colheita varia entre: segunda quinzena de setembro até a segunda quinzena de outubro, e início de novembro	A colheita se inicia entre final de outubro, segunda quinzena de novembro e início de dezembro	A fase final da colheita, dá-se entre início de janeiro e a segunda quinzena de fevereiro
Temperaturas médias estimadas para cada período	Temperatura média entre as quinzenas 20,7 a 15,2 °C	Germinação e o processo de crescimento da planta 19,4 a 13,7 °C	Início e término de plantio 13,7 a 20,2 °C	A temperatura média para essa fase, varia de: 20,2 a 24,1 °C	Temperatura média nesse período varia entre: 22,0 a 26,0 °C	O período final de colheita, a temperatura média varia entre: 26,0 a 27,9 °C
Características fenológicas do tabaco	Formação da planta de tabaco	Formação das primeiras folhas e fortificação do caule e raízes	Floração da planta e início da maturação das folhas inferiores (batzeira)	Floração da planta e início da maturação das folhas superiores (batzeira)	Maturação das folhas médias (metade da planta) e retirada da flor na parte superior da planta (capação)	Desenvolvimento e maturação das folhas superiores

Fonte: os autores

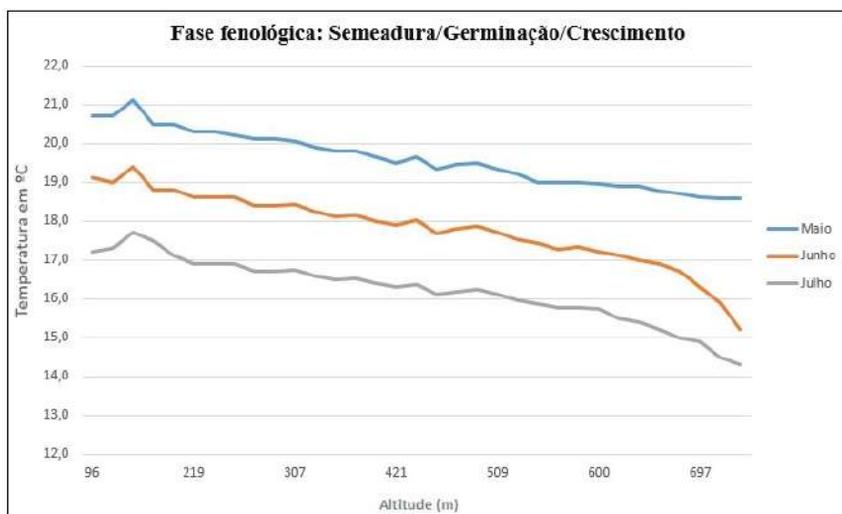
Analisando-se fase por fase, o período de sementeira, germinação e crescimento são os que menos sofrem interferência climática direta, pois se tratam de fases iniciais em que a semente não fica exposta ao ar livre, mas nos canteiros, que formam uma certa “estufa” para acelerar o processo de germinação/crescimento e facilitar os tratamentos culturais. Por se tratar de uma fase que se inicia por volta da metade do mês de maio à primeira quinzena de junho, a temperatura média do ar varia de 20,7 °C a 15,2 °C. Esse intervalo de temperatura é fator determinante na diferenciação da época de sementeira, o que distingue o restante do cultivo entre os municípios produtores de tabaco na bacia hidrográfica do Rio Jacuízinho.

Deve ser levada em consideração a altitude em que se localizam os municípios, por exemplo, nos municípios situados em menores altitudes, como Ibarama, Arroio do Tigre, Sobradinho e Estrela Velha, a sementeira se inicia por volta da segunda quinzena de maio. Por outro lado, nos municípios localizados em áreas de

maior altitude, Passa Sete, Segredo, Tunas e Lagoão, a sementeira é mais tardia devido à temperatura ser mais baixa nesses lugares.

No gráfico da figura 05, relacionando a variabilidade da temperatura média com a fase fenológica de sementeira, germinação e crescimento, é possível observar o decréscimo da temperatura entre os meses de maio e julho, que representam essa fase.

Figura 05 – Relação entre a temperatura do ar durante a fase fenológica inicial da cultura do tabaco e a altitude da Bacia Hidrográfica do Rio Jacuizinho/RS



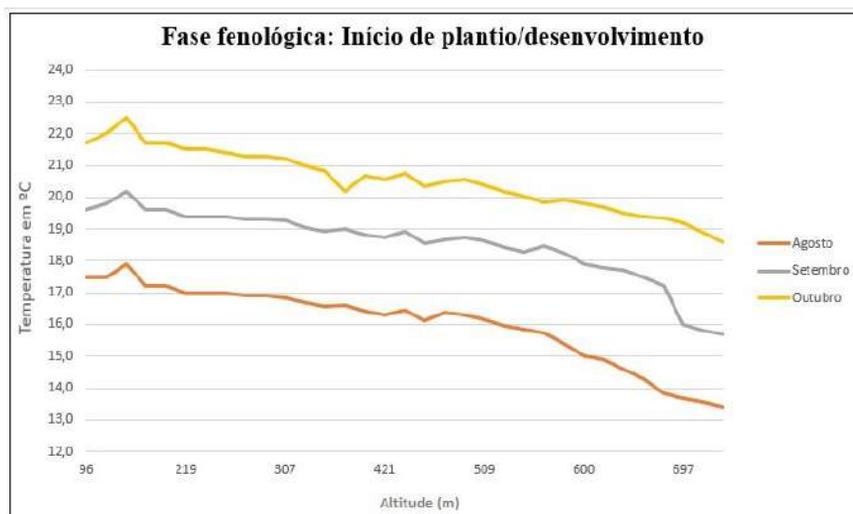
Fonte: Cargnelutti Filho *et al.* (2006)

A temperatura média no mês de maio apresenta pouca variação em relação à altitude. Por outro lado, nos meses de junho e julho, adentrando a estação do inverno, as temperaturas médias apresentam quedas bruscas conforme o aumento da altitude. Essas baixas temperaturas são determinantes para que os produtores não iniciem a sementeira em um período semelhante ao dos produtores que cultivam tabaco em áreas com menores altitudes, caso o produtor inicie a sementeira na mesma época, estará sujeito a ter perdas por ocorrência de geadas e, principalmente, atraso no desenvolvimento da planta.

Posteriormente a fase inicial da safra, o período mais crítico na visão dos produtores é a fase do plantio, e a grande preocupação são as baixas temperaturas. De acordo com os dados de temperatura estimados para essa fase, que abrange a segunda quinzena de agosto e a primeira quinzena de setembro, é considerada uma faixa ainda com a tendência da ocorrência de geadas, principalmente em áreas de maior altitude. Essa é uma questão importante, pois foi observado *in loco*, durante as atividades de campo realizadas nos principais municípios produtores de tabaco, que o plantio não é uniforme no decorrer da bacia hidrográfica do Rio Jacuizinho, e o principal condicionante é a temperatura do ar.

Nesse sentido, as temperaturas são baixas nos meses representativos da fase do plantio, e isso determina que o produtor deverá iniciar o processo de transplante para a lavoura mais tarde, ou seja, na segunda metade da quinzena de maio (Figura 06).

Figura 06 – Relação entre a Temperatura do ar na Fase de Plantio/Desenvolvimento da cultura do tabaco e a altitude da Bacia Hidrográfica do Rio Jacuizinho/RS



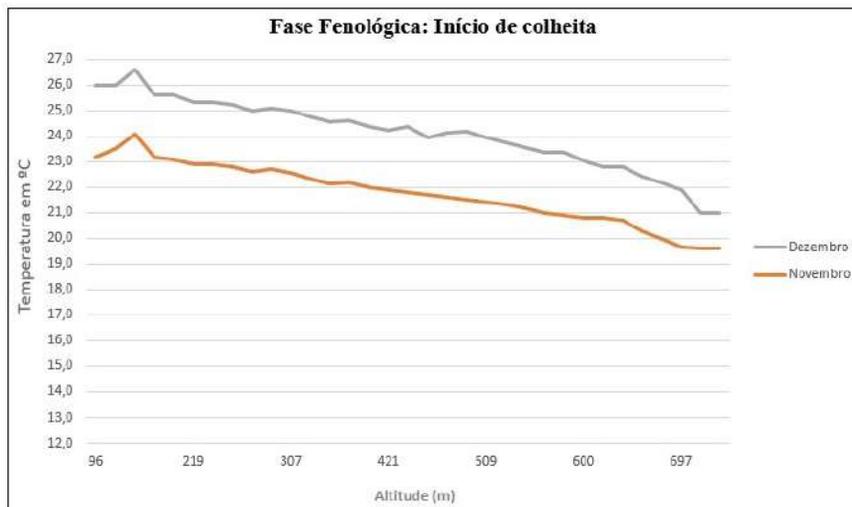
Fonte: Cargnelutti Filho *et al.* (2006)

O plantio do tabaco para a bacia hidrográfica do Rio Jacuizinho, de acordo com a percepção dos produtores, ocorre entre a segunda quinzena de agosto e setembro quando inicia o desenvolvimento na lavoura até o período de início de colheita. Esta talvez seja a fase mais delicada para o produtor de tabaco, pois, no mês de agosto, é o período com as menores temperaturas médias chegando a 13,5 °C nas altitudes próximas aos 700 m. Nessas áreas, obviamente, seria indicado que o plantio se iniciasse na segunda quinzena de setembro, pois a temperatura média aumenta conforme se aproxima da estação da primavera e a probabilidade da ocorrência de geadas diminui.

O plantio do tabaco em áreas de menos altitude ocorre antes, pois é um processo que se inicia mais cedo, na fase de semeadura. Semeia antes, planta antes e, posteriormente, colhe antes. Mas essa precocidade é aliada à contribuição da temperatura nessas áreas, pois nas altitudes próximas a 300 m, a temperatura média fica em torno de 17 °C, o que contribui para o início do plantio. O mês de outubro é importante, pois acelera o crescimento/desenvolvimento do tabaco, justamente porque as temperaturas são mais altas, aliadas às chuvas e à aplicação de insumos.

A fase posterior ao plantio e ao desenvolvimento do tabaco é a colheita. Obedecendo a cronologia das fases anteriores, o plantio obviamente se inicia antes nas áreas de menor altitude, onde o tabaco cresceu, se desenvolveu e entrou antes no estágio de maturação. No gráfico da Figura 05, é possível notar que há um grande aumento nas temperaturas médias nas baixas altitudes, podendo chegar aos 24 °C, o que contribui para o aceleração da maturação (Figura 07).

Figura 07 – Relação entre a Temperatura do Ar durante a Fase de Início de colheita e a altitude da Bacia Hidrográfica do Rio Jacuizinho/RS

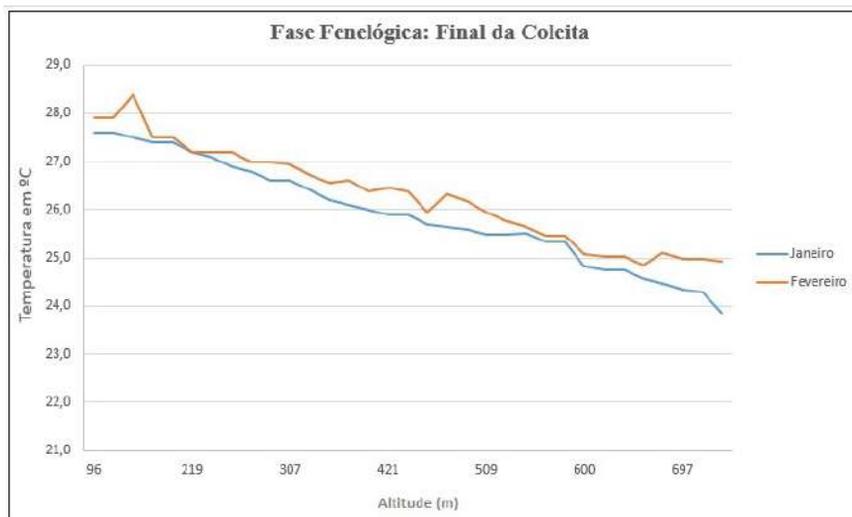


Fonte: Cargnelutti Filho *et al.* (2006)

A colheita do tabaco em áreas de menor altitude tem início no final de outubro, nas áreas da bacia hidrográfica onde o cultivo é mais tardio, a colheita ocorre em meados da segunda quinzena de novembro e início de dezembro. Nesse processo é possível observar que na bacia hidrográfica do Rio Jacuizinho, entre uma fase e outra, o cultivo do tabaco possui uma diferença de praticamente quase dois meses.

A fase total da colheita (final de outubro a final de fevereiro) é um período de temperaturas médias elevadas, fazendo com que a colheita seja uma fase de trabalho duro para os produtores. É uma fase que une a colheita em si, que é um trabalho árduo, e altas temperaturas. No gráfico da figura 08, é possível identificar as altas temperaturas nos meses de janeiro e fevereiro, período em que a colheita está em alta devido ao aceleração do processo de maturação.

Figura 08 – Relação entre a Temperatura do ar na Fase final de colheita da cultura do tabaco e a altitude da Bacia Hidrográfica do Rio Jacuizinho/RS

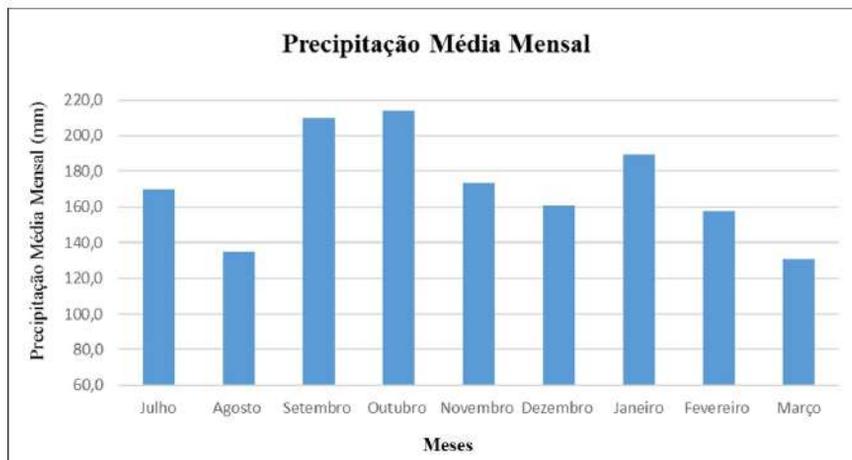


Fonte: Cargnelutti Filho *et al.* (2006)

A variação da temperatura média na fase final da colheita apresenta uma diferença de praticamente 4,0 °C entre as altitudes extremas, o que demonstra a necessidade de encerrar a colheita o quanto antes nas áreas mais baixas, pois há risco de as folhas superiores passarem do ponto da maturação e, posteriormente, a qualidade da secagem ser prejudicada. Ao encerrar a análise da temperatura média do ar, nota-se a influência nos estágios fenológicos do tabaco desde o período de semeadura até o ciclo vegetativo final da planta, além de promover diferenças na época de cultivo e desenvolvimento como um todo.

Além da influência da temperatura do ar no cultivo do tabaco, a precipitação pluviométrica é outro elemento climático de suma importância para o desenvolvimento de qualquer sistema de produção agrícola. A variabilidade da precipitação média mensal em dez anos na bacia hidrográfica do Rio Jacuizinho pode ser observada na figura 09.

Figura 09 – Precipitação média mensal 2008-2018



Fonte: COTRIEL (2018)

No calendário agrícola, a precipitação pluviométrica é importante em praticamente todas as etapas do ciclo fenológico do tabaco. No entanto, para o produtor rural, ter o conhecimento da distribuição pluviométrica mensal na bacia hidrográfica do Rio Jacuizinho irá contribuir para um bom planejamento com vistas ao ganho em produtividade e qualidade.

No caso do tabaco, as precipitações mais importantes ocorrem entre os meses de julho e março, pois são meses nos quais a planta está na lavoura. Dependendo do estágio fenológico, a precipitação se torna ainda mais importante, principalmente em etapas em que o produtor fez alguma aplicação de insumo para o crescimento robusto da planta.

Nesse sentido, devido à diferenciação da época do cultivo, a chuva, em alguns casos, pode ser mais benéfica para a fenologia da planta em um mês específico, e assim sucessivamente. Por exemplo, chuvas em maior volume nos meses de outubro e novembro, nas áreas de menor altitude, são mais benéficas do que em outros meses, pelo fato de o tabaco estar em uma fase mais adiantada, ou seja, a planta necessita mais de umidade para o desenvolvimento completo.

Em relação aos dados mensais para a bacia hidrográfica, setembro e outubro são os meses com a maior média pluviométrica, o que contribui significativamente para a evolução da planta.

O mês de dezembro não é o que tem a menor média entre os que fazem parte da análise, porém é um mês em que a precipitação pluviométrica tem mais importância devido à contribuição desta no aumento da produtividade.

Embora a colheita esteja em andamento neste mês, quanto maior for a quantidade de chuva, mais contribuirá para que a planta absorva todos os nutrientes da terra, devido à aplicação de insumos agrícolas. Aliando calor e precipitação em boa quantidade, a tendência é que as folhas cresçam e isso contribui no ganho de produtividade e qualidade.

2.1 O CALENDÁRIO AGRÍCOLA DO TABACO PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JACUIZINHO/RS

Levando em consideração a entrevista com os produtores, os dados de temperatura em cada fase fenológica e os dados de precipitação média mensal, o calendário agrícola do tabaco ficou da seguinte forma (Figura 10):

Figura 10 – Calendário Agrícola do Tabaco da
Bacia Hidrográfica do Rio Jacuizinho/RS

Calendário Agrícola da Fumicultura para a Bacia Hidrográfica do Rio Jacuizinho-RS												
TABACO	Atividades	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR
	Semeadura	█										
	Plantio	█			█							
	Tratos culturais/ Desenvolvimento	█				█	█					
	Desponte ou Capação	█					█	█				
	Colheita Início/ Término	█						█	█	█	█	
	Classificação e Comercialização	█	█							█	█	█

Fonte: os autores

O calendário Agrícola do tabaco para a bacia hidrográfica do Rio Jacuizinho não é homogêneo, principalmente pela questão da altitude e, conseqüentemente, a temperatura do ar. Esse fator e o elemento climático trazem alguns riscos ao cultivo do tabaco, sendo que são situações em que os produtores possuem essa percepção. Devido a isso, é necessário, por questão fisiológica da planta, que o cultivo seja mais tardio nas áreas de maior altitude. Por outro lado, em áreas de menor altitude, a tendência de risco (geadas) a partir da metade de agosto é menor, tornando-se adequado o início de plantio nessa época.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de dados secundários para a realização desta pesquisa foi a única maneira existente para formar uma base suficiente para alcançar o objetivo proposto. Primeiramente, pela não existência de estações meteorológicas próximas à área de estudo e, depois, pelo curto período de elaboração da pesquisa, o que dificultou a utilização de aparelhos para a coleta de dados primários.

A temperatura média do ar foi a variável de maior dificuldade para aquisição devido ao trabalho envolvido para encontrar o método mais adequado. A seleção de pontos na área entre as curvas de nível e toda elaboração dos cálculos ponto a ponto, mês a mês.

Embora tenha sido uma pesquisa sem acompanhamento direto na lavoura e apenas duas atividades de campo na área de estudo, pode-se dizer que os resultados foram satisfatórios, principalmente, em relação a influência da altitude que não torna homogêneo o cultivo de tabaco na bacia hidrográfica do Rio Jacuizinho.

Nos dias de trabalho de campo foi possível observar que o calendário agrícola do tabaco poderia ser diferente em razão do gradiente altimétrico existente na área, o que culminaria a variabilidade da temperatura e precipitação pluviométrica.

Portanto, se tratando de um trabalho realizado apenas com dados secundários, o que fica para futuros estudos, no qual envolva clima e fumicultura, é a importância do acompanhamento de uma safra completa utilizando aparelhos para a coleta de dados primários. Além de ser um dado do microclima da plantação, é possível fazer uma análise mais detalhada da resposta da planta em relação as variáveis climáticas.

Outra questão que cabe salientar em relação ao acompanhamento de uma safra, é que pode ser possível não apenas fazer uma análise clima/planta, mas também a questão de doenças visando encontrar soluções para este tipo de situação, objetivando mais qualidade e produtividade.

4. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Edital CAPES 071/2013 – Processo número 88881.068465/2014-01. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

5. LISTA DE SIGLAS

COAJU – Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí

COTRIEL – Cooperativa Tritícola de Espumoso Ltda

SEMA – Secretaria Estadual do Meio Ambiente

UPG – Unidades de Gestão

6. REFERÊNCIAS

CARGNELUTTI FILHO, A. *et al.* Altitude e coordenadas geográficas na estimativa da temperatura mínima média decendial do ar no Estado do Rio Grande do Sul.

Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 41, n. 6, p. 893-901, jun. 2006.

COMITÊ DE GERENCIAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO JACUÍ – COAJU. Disponível em: <http://www.coaju.com.br/>. Acesso em: 27 mar. 2019.

COOPERATIVA TRITÍCOLA DE ESPUMOSO Ltda. (COTRIEL). Disponível em: <http://www.cotriel.com.br/registro-de-chuvas>. Acesso em: 2 jun. 2019.

MAVI, H. S; TUPPER, G. J. **Agrometeorology Principles and Applications of Climate Studies in Agriculture**. New York: Hoboken CRC Press, 2014.

MONTEIRO, B. A. **Agrometeorologia dos cultivos**: o fator meteorológico na produção agrícola. Brasília, DF: INMET, 2009.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia:** fundamentos e aplicações práticas. [S.l: s.n.], 2002. APA.

SANDRE, L. C. G.; FIORELLI, J. Elaboração de calendário agrícola para a região oeste do Estado de São Paulo. **Revista Ciência em Extensão**, v. 5, n. 2, p. 15-29, 2009.

SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – SEMA. Conselho de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul. 2014. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/conselhoestadual-de-recursos-hidricos-crh>. Acesso em: 21 jan. 2019.

CAPÍTULO 05

ESTIMATIVA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO E VAZÃO NA BACIA DO RIO FORMOSO

*Alécio Perini Martins
Emerson Galvani*

Resumo

O monitoramento de elementos do clima tem se tornado indispensável para avaliar sua dinâmica temporal e espacial, bem como subsidiar atividades de planejamento e gestão dos recursos ambientais. Considerando os recentes debates sobre escassez hídrica e desenvolvimento sustentável, nesta pesquisa, tem-se como objetivo central implementar o modelo SEBAL (*Surface Energy Balance Algorithms for Land*) para a estimativa de evapotranspiração real na bacia do Rio Formoso, além de testar o desempenho do modelo para estimativa de vazão anual. O algoritmo SEBAL foi implementado sobre imagens Landsat8, com processamentos executados no ArcGIS 10.6.1® a partir da calculadora raster e de extensões de análise espacial e geoestatística. A bacia do Rio Formoso, localizada no extremo sudoeste do Estado de Goiás, abrange parte do Parque Nacional das Emas, que se apresenta rodeado por áreas de produção agropecuária altamente tecnificada. Identificou-se correlação muito forte (0,9176) entre os valores estimados para o Saldo de Radiação e a Radiação observada na estação do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), demonstrando a qualidade dos dados produzidos. O desempenho do modelo pode ser avaliado como ótimo, considerando o índice D de Willmott de 0,9791 e o índice C de Camargo e Sentelhas de 0,8984. Os valores de evapotranspiração horária estimada e de referência apresentaram correlação de 0,9809, com desempenho superior a 0,95. Com relação às vazões estimadas, o modelo também apresenta desempenho ótimo, com tendência a subestimar as informações, considerando que a vazão anual média observada foi de $24,9 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^2/\text{s}$ e a estimada a partir das categorias de uso e cobertura da terra foi de $23,6 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^2/\text{s}$. A vazão anual do Rio Formoso corresponde a 22 % do volume precipitado.

Palavras-chave

Geotecnologias. Modelagem ambiental. SEBAL.

1. INTRODUÇÃO

O monitoramento de elementos do clima tem se tornado indispensável para avaliar sua dinâmica temporal e espacial, bem como subsidiar atividades de planejamento, avaliação e gestão dos recursos ambientais. Nesse sentido, o desenvolvimento e a adaptação de modelos é extremamente importante por permitirem representar ou reconstruir a realidade de determinado local de forma simplificada, englobando as principais variáveis que interferem nessa dinâmica, o que permite prever um comportamento, uma transformação ou uma evolução (CHRISTOFOLETTI, 2000).

Componente fundamental do ciclo da água no ambiente, a evapotranspiração é o fenômeno responsável por definir a transferência de água do sistema solo-planta para a atmosfera. Entre os principais condicionantes desse processo estão a energia solar, as características da vegetação e a demanda atmosférica, controlada pelo poder evaporante do ar (PEREIRA; SEDIYAMA; VILLA NOVA, 2013).

Embora a mensuração da evapotranspiração seja fundamental para estudos hidrológicos e gerenciamento de sistemas de irrigação, estas são feitas de forma pontual, não permitindo a visualização integrada do fenômeno. Assim, o uso de modelos mostra-se como a melhor alternativa para o estudo de áreas extensas, com poucos postos de monitoramento e/ou de difícil acesso.

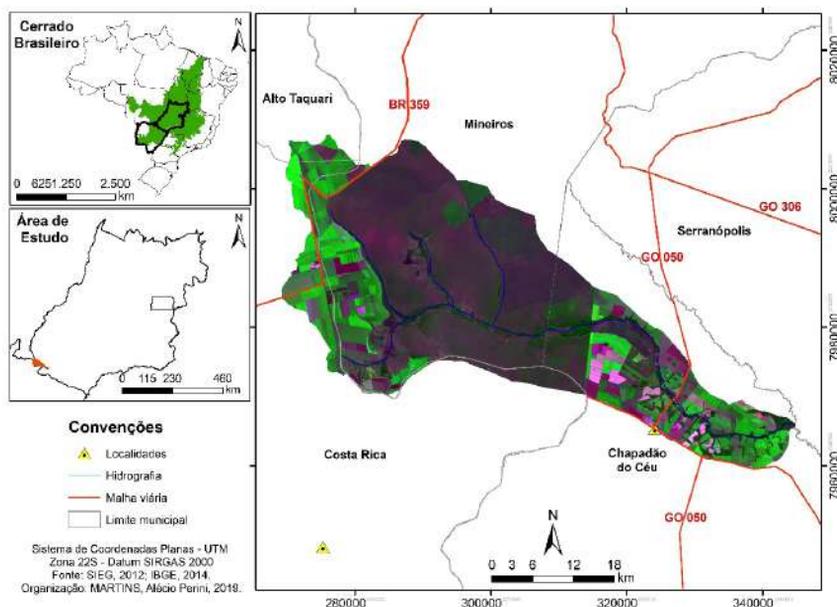
O Surface Energy Balance Algorithms for Land (SEBAL), desenvolvido por Bastiaanssen (1995) e aprimorado por diversos autores, como Bastiaanssen *et al.* (1998), Ahmad e Bastiaanssen (2003), Ayenew (2003), Hemakumara *et al.* (2003), Tasumi *et al.* (2005), Bezerra (2006), Kongo e Jewitt (2006), Kimura *et al.* (2007), Mendonça (2007), Nicácio (2008), Gomes (2008), Martins (2015), entre outros, utiliza princípios físicos envolvidos na reflexão, transmissão e absorção de energia pela superfície que podem ser obtidos a partir de imagens orbitais e poucos dados coletados em superfície.

A vantagem do SEBAL para estimativa de fluxos de calor e evapotranspiração é que os componentes do cálculo do saldo de

radiação podem ser mensurados separadamente, permitindo estimativa mais precisa. A escala dos resultados está relacionada ao tamanho do pixel da imagem, sendo que estudos em áreas com uso e cobertura da terra muito heterogêneo requerem imagens com resoluções maiores.

A área selecionada para a implementação do modelo SEBAL foi a bacia do Rio Formoso (Figura 01), localizada na fronteira dos estados de Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, drenando parte dos municípios de Mineiros e Chapadão do Céu, no Sudoeste de Goiás, Costa Rica (Mato Grosso do Sul) e Alto Taquari (Mato Grosso). Um dos formadores do Rio Corrente, tributário do Rio Paranaíba, integra a Bacia do Rio Paraná, tendo mais de 50 % do território ocupado pelo Parque Nacional das Emas, uma das maiores unidades de conservação de Cerrado do País.

Figura 01 – Localização da Bacia do Rio Formoso



Fonte: SIEG (2012); IBGE (2014)

A bacia do Rio Formoso drena uma área de 1.532 km² e possui postos pluviométrico e fluviométrico na Fazenda Formoso, próximo à confluência com o Rio Jacuba. A estação meteorológica mais próxima situa-se na cidade de Chapadão do Sul, a 45 km de distância em linha reta da bacia, utilizada para calibração e validação do modelo. A área foi escolhida por apresentar uma unidade de conservação significativa de Cerrado (Parque Nacional das Emas), permitindo a comparação dos valores estimados aos de áreas de agricultura e pastagem. As informações obtidas em superfície puderam ser comparadas às de outras bacias no entorno onde o modelo foi validado.

A pesquisa desenvolvida teve como objetivo central implementar o modelo SEBAL para a estimativa de evapotranspiração real na bacia do Rio Formoso, além de testar o desempenho do modelo para estimativa de vazão anual no ano hidrológico 2018/2019.

2. O MODELO SEBAL – MATERIAL E PROCEDIMENTOS

Para a aplicação de modelos de análise ambiental, a primeira etapa consiste na criação e organização de um banco de dados georreferenciados. Para esta pesquisa, foram organizadas duas bases de dados:

a) **Banco de dados climato-hidrológicos:** Foi identificada uma estação meteorológica automática do INMET na cidade de Chapadão do Sul. É importante que a estação esteja em um ambiente com características físicas que representem bem a área de estudo, sobretudo sob a ação dos mesmos sistemas meteorológicos que definem o tempo na região. As informações necessárias para calibração do modelo são: temperatura do ar média, máxima e mínima (°C);

umidade relativa do ar máxima e mínima (%); pressão atmosférica (hPa); velocidade dos ventos (m/s); precipitação (mm) e radiação solar global (W/m^2). Os dados foram organizados para o período de outubro de 2017 a outubro de 2019 e, posteriormente, optou-se por delimitar o estudo para o ano hidrológico 2018/2019. Acessoriamente, obtiveram-se dados pluviométricos dos postos da Agência Nacional de Águas (ANA) situados nos municípios de Chapadão do Céu, Seranópolis, Aporé, Chapadão do Sul e Costa Rica.

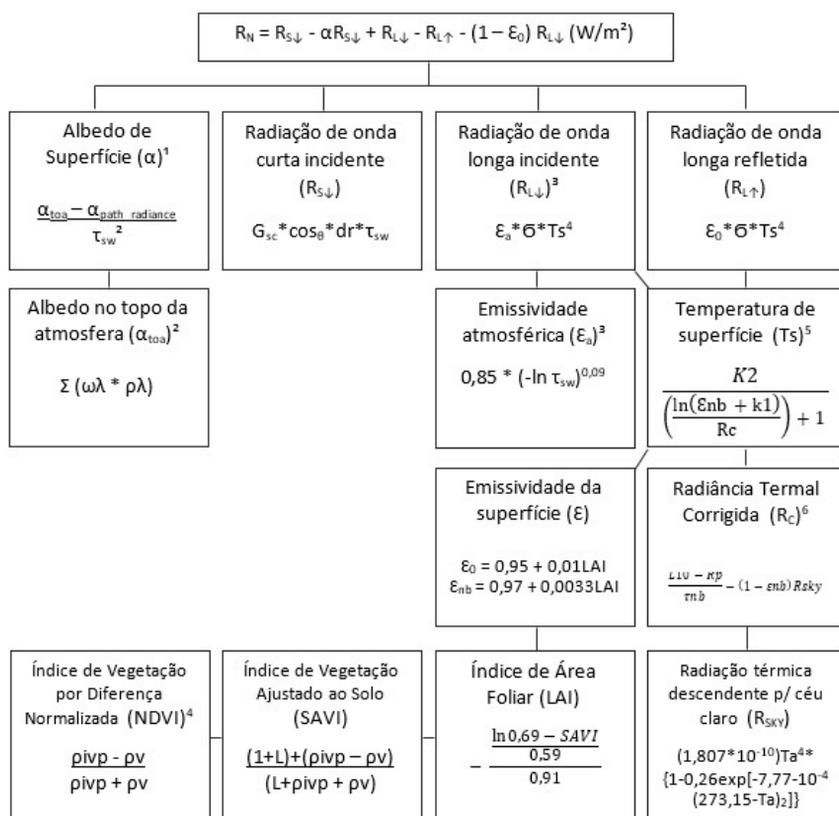
b) **Banco de imagens orbitais:** Composto por imagens do radar SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) com resolução espacial de 30 m (mapeamento de transmissividade, emissividade, albedo e saldo de radiação de ondas curtas) e dos Sensores OLI - *Operational Land Imager* (bandas 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8) e TIRS - *Thermal Infrared Sensor* (banda 10) do Landsat 8. Foi utilizada a cena 224/73 em todas as etapas do modelo para os dias 30/06/2018, 08/01/2019, 29/03/2019, 16/05/2019, 01/06/2019, 19/07/2019 e 05/09/2019, com cobertura de nuvem inferior a 10%. Para mapeamento das categorias de uso e cobertura da terra, foi utilizada a composição 6R5G4B com posterior fusão com a banda 8 para obter resolução espacial de 15 m. As imagens foram obtidas gratuitamente mediante cadastro na página do Serviço Geológico dos Estados Unidos (United States Geological Survey – USGS).

Como ponto de partida, criou-se um arquivo composto pelas camadas: a) Limite da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso (polígono) em escala de 1:100.000; b) Estação automática e postos pluviométricos em escala de 1:100.000; c) Rede de drenagem principal (linhas) em escala de 1:100.000; d) Mapa de uso e cobertura da terra (polígonos) em escala de 1:100.000; e) Imagem SRTM (Folha SE-22-Y-A em escala de 1:150.000; f) Imagens dos sensores OLI e TIRS (bandas 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 10) do satélite Landsat8 em escala de 1:150.000. Os produtos finais foram processados em uma escala de 1:150.000, para a qual obtiveram-se erros de estimativa inferiores a 15 %.

Para calibração inicial do modelo, foram processadas as imagens do dia 01 de junho de 2019, sem cobertura de nuvens e sem atuação de nenhum sistema atmosférico relevante. Todas as etapas foram desenvolvidas no *software* ArcGIS 10.6.1® (ESRI, 2018), licenciado para o Laboratório de Geoinformação da Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí.

Todas as variáveis receberam análise estatística descritiva, identificando a correlação existente entre as variáveis, sendo que, para aquelas que apresentaram valores superiores a 0,7 (correlação forte), foram calculadas as equações de regressão e coeficientes de determinação de Willmott (1985) e de Camargo e Sentelhas (1997).

Antes da implementação do modelo, procedeu-se com a correção radiométrica a partir dos cálculos de Radiância e Refletância conforme descrito por Ariza (2013). Os cálculos relativos ao ângulo de incidência da radiação, distância terra-sol, refletância corrigida e transmissividade atmosférica seguiram os parâmetros do modelo METRIC (*Satellite-Based Energy Balance for Mapping Evapotranspiration with Internalized Calibration*) descritos por Allen *et al.* (2007). O cálculo do balanço de radiação em superfície encontra-se esquematizado na figura 02.

Figura 02 – Organograma do cálculo do saldo de radiação à superfície (R_N)

Fonte: adaptado de Allen *et al.* (2002)

¹ à variável $\alpha_{\text{path radiance}}$ atribui-se um valor de 0,03 conforme Bastiaanssen (2000), sendo τ_{sw} obtida pelas equações 8 e 9; ² a variável $\rho\lambda$ resulta da equação 6 e $\omega\lambda$ corresponde a um coeficiente de peso para cada banda (ALLEN *et al.*, 2002), obtido pela divisão do valor de ESUN de cada banda pelo somatório de ESUN para todas as bandas. Neste estudo, os valores obtidos para $\omega\lambda$ foi de 0,300, 0,276, 0,233, 0,143, 0,035 e 0,012 para as bandas 2, 3, 4, 5, 6 e 7, respectivamente; ³ σ é constante de Stefan-Boltzmann ($5,67 * 10^{-8}$); 4 ρ_v e ρ_{ivp} correspondem, respectivamente, às reflectâncias nas bandas do vermelho e infravermelho próximo; 5 $k1$ e $k2$ são constantes encontradas nos metadados da imagem de satélite; 6 R_p e τ_{nb} correspondem ao brilho e à transmissividade da banda 10, respectivamente).

Após essa etapa, é possível estimar o fluxo de calor no solo (G), considerado como a taxa de armazenamento de calor no solo e vegetação devido ao fenômeno da condução. O valor de G pode ser calculado pela equação 1, desenvolvida por Bastiaanssen (2000) e descrita por Allen *et al.* (2002).

$$G = [Ts/\alpha(0,0038\alpha + 0,0074\alpha^2)(1 - 0,98NDVI^4)]Rn \quad (1)$$

Em que T_s é a temperatura de superfície (em graus Celsius); α o albedo de superfície; NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) o índice de vegetação; R_n o saldo de radiação à superfície. Para calcular o fluxo de calor no solo, é necessário elaborar, previamente, um mapa de uso da terra e cobertura vegetal, pois os diferentes usos da superfície, bem como os tipos de solo, podem afetar o valor de G, sendo este um termo difícil de avaliar. Essa equação não se aplica às áreas cobertas por espelhos d'água, sendo necessário criar uma máscara para essas feições. Para estimar a variável G em corpos d'água (em W/m^2), em que os valores de NDVI forem negativos, multiplica-se o saldo de radiação obtido nessas áreas por 0,3 ($G = 0,3R_n$), conforme Allen *et al.* (2002).

O fluxo de calor sensível (H) é a taxa de perda de calor para o ar por convecção e condução, graças a uma diferença de temperatura, calculado de acordo com a equação 2, descrita por Allen *et al.* (2002):

$$H = \frac{\rho * c_p * dT}{rah} \quad (2)$$

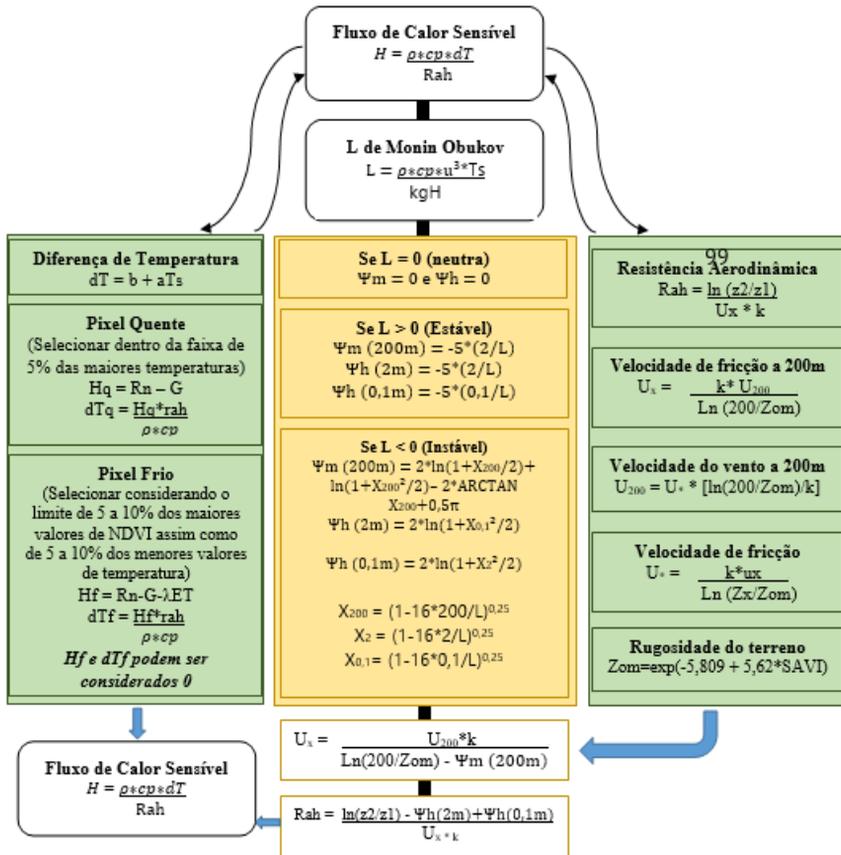
Em que ρ é a densidade do ar ($\pm 1,07 \text{ kg}/m^3$); c_p é o calor específico do ar ($1004 \text{ J}/\text{kg} \cdot \text{K}$); dT (K) é a diferença da temperatura entre duas alturas; e rah é a resistência aerodinâmica para transporte de calor (m/s). O processo de obtenção dos valores de H encontra-se esquematizado na figura 03.

Allen *et al.* (2002) destacam que esta é uma equação de difícil solução por apresentar duas incógnitas, representadas por rah e dT , sendo necessária a adoção de “pixels âncora”. A diferença de temperatura (dT) é calculada a partir dos pixels âncora (em que $dT = b + aTs$), sendo que a dT do pixel frio é considerada com valor zero. Já no pixel quente, o calor sensível é considerado como máximo ($H = Rn - G$), sendo sua dT calculada pela equação 3.

$$dT_q = H \cdot rah / \rho \cdot C_p \quad (3)$$

Conhecidos os valores de diferença de temperatura nos pixels âncora, calculam-se os coeficientes a e b , sendo que $dT_q = b + aT_{sq}$ e $dT_f = b + aT_{sf}$, onde T_{sq} e T_{sf} correspondem, respectivamente, às temperaturas registradas no pixel quente e no pixel frio. Dessa forma, resta determinar a resistência aerodinâmica para transporte de calor (rah), em que z_1 e z_2 são alturas em metros acima do deslocamento do plano zero da vegetação; u_x é a velocidade de atrito (m/s) que quantifica as flutuações de velocidade de turbulência no ar; k é a constante de Von Karman (0,41).

Figura 03 – Organograma do cálculo do fluxo de calor sensível (H)



Fonte: adaptado de Allen et al. (2002)

Em que: ρ é a densidade do ar ($\pm 1,07 \text{ kg/m}^3$); c_p é o calor específico do ar ($1004 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$); dT (K) é a diferença da temperatura entre duas alturas; e r_{ah} é a resistência aerodinâmica para transporte de calor (m/s). U é a velocidade do vento a 2m medida na estação meteorológica; U_x é a velocidade de fricção do vento; e U_{200} é a velocidade dos ventos a uma altura hipotética de 200m; Z_{om} corresponde à rugosidade do terreno e Ψ representa um fator de correção considerando atmosfera estável ou instável.

Com os valores do saldo de radiação à superfície (R_n), fluxo de calor no solo (G) e fluxo de calor sensível (H), torna-se possível calcular o fluxo de calor latente, também medido em W/m^2 (equação 4) e, conseqüentemente, os valores para evapotranspiração horária, diária, mensal e sazonal. Entende-se como fluxo de calor latente a taxa de perda de calor latente a partir da superfície ocasionado pela evapotranspiração.

$$\lambda ET = R_n - G - H \quad (4)$$

Para o cálculo da Evapotranspiração de Referência, utilizou-se a equação de Penman –Monteith descrita por Allen *et al.* (1998) no FAO Irrigation and drainage paper 56 (equação 5).

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (5)$$

Em que ET_o é a evapotranspiração de referência (mm/dia); Δ a declividade da curva de pressão de vapor ($kPa \text{ } ^\circ C^{-1}$); R_n o saldo de radiação ($MJ/m^2/dia$); G o fluxo de calor no solo ($MJ/m^2/dia$); γ a constante psicrométrica ($kPa \text{ } ^\circ C^{-1}$); T a temperatura do ar a 2 m ($^\circ C$); U_2 a velocidade dos ventos a 2 m (m/s); e_s a pressão do vapor saturado (kPa); e_a a pressão atual de vapor (kPa).

A evapotranspiração real instantânea (horária) foi calculada pixel a pixel, considerando tanto condições ideais como de saturação ou restrição hídrica, a partir do saldo de calor latente (λET) e o calor latente de evaporação (λ), conforme equações 6 e 7, descritas por Allen *et al.* (2007).

$$ETh = 3600 * \lambda ET / \lambda \quad (6)$$

Em que λ corresponde ao calor latente de evaporação (equação 7, dada em J/Kg e descrita por HARRISSON, 1963) e 3600 é o valor de conversão de segundos para horas (BASTIAANSEN *et al.*, 1998; NICÁCIO, 2008).

$$\lambda = [2,501 - 0,00236 * (T_s - 273,16)] * 106 \quad (7)$$

Para estimar a evapotranspiração diária (equação 8) e mensal/sazonal (equação 9) é necessário calcular os valores de referência (ET_o) para 24 horas e para o período, além de um componente conhecido como Fração Evaporativa, que é definida como a razão entre a evapotranspiração instantânea (E_{Th}) e a evapotranspiração de referência (ET_o). De acordo com Allen *et al.* (2002), os valores da fração evaporativa (E_{TrF}) são semelhantes ao coeficiente da cultura (K_c), variando de 0 a 1 e, ocasionalmente, atingindo valores superiores a 1 quando E_{Th} for significativamente superior a ET_o, como em corpos hídricos e áreas com vegetação arbórea muito densa.

$$ET_{24} = E_{TrF} * ET_{o24} \quad (8)$$

Em que ET_{o24} (mm/dia) é o acumulado de ET_o em 24 horas para o dia de obtenção da imagem, calculado a partir da soma dos valores de ET_o horários ao longo do dia.

$$ET_{periodo} = E_{TrF_{periodo}} * \sum_1^n ET_{o24} \quad (9)$$

Os valores diários de evapotranspiração, na maioria das vezes, são mais úteis que valores de evapotranspiração horária. De acordo com Allen *et al.* (2002), o SEBAL calcula a evapotranspiração diária assumindo que a E_{TrF} instantânea é a mesma que a média de 24 horas. Durante a aplicação do modelo, foram identificadas dificuldades de estimativa de evapotranspiração diária a partir de dados de evapotranspiração de referência, principalmente em virtude da extensão da área e da escassez de dados meteorológicos.

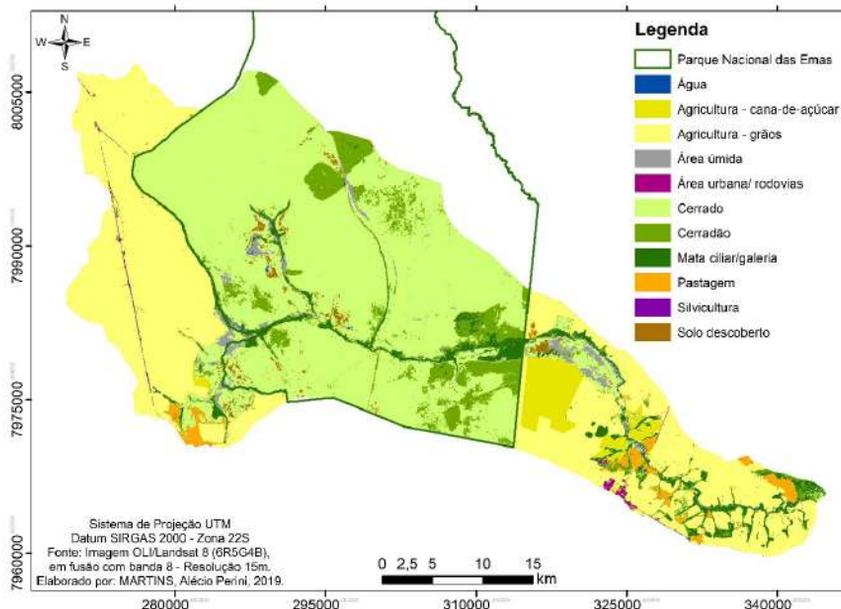
3. ESTIMATIVA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL E VAZÃO ANUAL NA BACIA DO RIO FORMOSO

A bacia do Rio Formoso encontra-se em uma região caracterizada pelos altos índices de produtividade no campo, como o município de Chapadão do Céu, que apresentou média de 93.000 ha cultivados com soja na última década. De um total de 1.532 Km², 727,7 km² encontram-se recobertos por Cerrado Típico e campos (47,5% da bacia), além da presença de matas ciliares e de galeria, cerradões e formações campestres em 3,9 %, 7,6 % e 1,3 % da bacia, respectivamente. Destacam-se, ainda, as áreas úmidas (várzeas e covoais) encontradas em 1,9 % da bacia (29,3km²), sobretudo em áreas de nascentes e fundos de vale planos.

Por estar situada predominantemente em área de Chapadão, com amplitude altimétrica de 220 m e relevo plano/suave ondulado com declividades inferiores a 12 %, apresenta baixa densidade de drenagem e áreas úmidas significativas, com abundância em recursos hídricos. Conforme Mariano (2005), o clima da região é do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, com mais de 85 % das chuvas concentradas entre outubro e abril e estação seca entre maio e setembro, com forte sazonalidade. Essas características, fizeram com que a região se tornasse foco de programas de ocupação e desenvolvimento da agropecuária nos Cerrados, a partir da década de 1970, como a criação do Centro de Pesquisas Agropecuárias do Cerrado (CEPAC) e projetos de cooperação internacional como o PRODECER e o POLOCENTRO (PESSÔA, 1988).

Assim, conforme observado no mapa da figura 04, a região passa a ser intensamente ocupada por atividades agropecuárias altamente tecnificadas e, se o Parque Nacional das Emas não fosse uma unidade de conservação legalmente instituída, provavelmente não haveria mais áreas de Cerrado conservadas na bacia do Rio Formoso.

Figura 04 – Uso da terra e cobertura vegetal da Bacia do Rio Formoso (2019)



Fonte: United States Geological Survey (USGS), 2019
Imagem OLI/Landsat8 (6RS4B), em fusão com a banda 8

Atualmente, o cultivo de grãos recobre 33 % da área, que também apresenta cultivos de cana-de-açúcar (2,8 %), pastagens (1,5 %) e silvicultura (0,02 %), sendo esta última utilizada para produção de lenha para a secagem de grãos. Nota-se, ainda, que o Parque Nacional de Emas se apresenta em uma espécie de ilha de conservação, cercado por áreas de produção agrícola altamente tecnificada, sem ligações com outras unidades de conservação. Água e área urbana ocupam pequenas porções da bacia, representando 0,1 e 0,3 % da área total, respectivamente.

No decorrer da implementação do SEBAL (Tabela 01) observou-se que a correlação de Pearson entre os valores estimados para o Saldo de Radiação e a Radiação observada na estação automática do INMET foi de 0,9176 (muito forte), com coeficiente de determinação de 84 %, indicando boa qualidade dos dados estimados e erro

dentro da fração esperada para a escala de 1:150.000. O desempenho do modelo pode ser avaliado como ótimo, considerando o índice D, de Willmott (0,9791), e o índice C, de Camargo e Sentelhas (0,8984).

Tabela 01 – Dados de calibração e validação do modelo SEBAL para a estação meteorológica automática de Chapadão do Sul – MS*

	30/06/2018	08/01/2019	29/03/2019	16/05/2019	01/06/2019	19/07/2019	05/09/2019
Cosseno do ângulo de inclinação	0,6322	0,8694	0,7913	0,6822	0,6278	0,6477	0,7875
Transmissividade	0,6745	0,7108	0,6998	0,6969	0,6666	0,6797	0,6936
Pressão (hPa)	924,4	926,0	927,0	926,0	942,0	928,2	927,0
Temp. do ar (K)	299,25	300,25	300,14	294,95	300,75	298,45	301,95
Temp. de superfície (K)	311,68	308,31	306,58	303,41	309,55	309,27	314,68
Vel. Ventos (m/s)	1,3	2,3	3,3	3,50	3,3	4,3	3,8
Albedo	0,20	0,27	0,22	0,21	0,22	0,20	0,22
IAF	0,600	2,08	1,35	1,41	1,44	0,175	0,355
Radiação (W/m²)	549,68	883,76	736,32	789,32	551,73	526,28	699,38
Saldo de Radiação (W/m²)	458,8	614,42	606,29	606,56	458,54	477,21	604,2
Fluxo de calor no solo (W/m²)	91,69	122,25	106,78	70,79	79,59	91,71	136,49
Fluxo de calor sensível (W/m²)	278,65	242,24	205,67	211,76	132,15	159,28	209,83
Calor Latente (W/m²)	95,47	341,68	342,36	214,12	224,93	211,21	252,17
ET_{rh} estimado (mm/h)	0,3849	0,7522	0,5069	0,4796	0,4297	0,4562	0,4392
ET_{oh} referência (mm/h)	0,4741	0,7712	0,5675	0,5076	0,4774	0,4905	0,5219
Percentual (ET_{oh}/ET_{rh})	81	98	89	94	90	93	84
Fração evaporativa	0,8119	0,9754	0,8932	0,9448	0,9001	0,9301	0,8415
ET_{r24} estimada (mm/dia)	3,63	6,75	5,91	3,85	4,69	5,92	7,05
ET_{o24} referência (mm/dia)	4,43	6,92	6,53	4,08	5,21	6,37	8,37
Percentual (ET_{o24}/ET_{r24})	82	98	91	94	90	93	84

* Dados instantâneos, obtidos no momento da captura da imagem pelo satélite, aproximadamente às 10h33min

Fonte: organização do autor (2019)

Já a correlação de Pearson entre evapotranspiração real horária estimada e a evapotranspiração de referência foi de 0,9809, considerada muito forte, com coeficiente de determinação de 96 %, indicando ótima qualidade entre os dados estimados e os valores de referência. Quando considerada a evapotranspiração diária, a correlação é de 0,9684 (muito forte), com coeficiente de determinação de 94 %. Os índices de desempenho D e C, demonstram valores ótimos de 0,9969 e 0,9654, respectivamente. O erro médio para a evapotranspiração horária foi de -0,05 e para diária de -0,59, indicando subestimativa em ambos os casos.

Os resultados da estatística de validação indicam que o modelo é adequado para estimativa de saldo de radiação, fluxos de calor e evapotranspiração real em superfícies com características semelhantes às da Bacia do Rio Formoso. Os valores de Evapotranspiração horária e diária apresentaram-se 10 % abaixo dos valores de referência, ambos calculados sobre superfície gramada, em que teoricamente $E_{Tr} = E_{To}$, indicando erro inferior a 15 % para a escala de 1:150.000.

Quando consideradas as categorias de uso e cobertura da terra, foram encontradas correlações forte/muito forte entre as variáveis: Albedo e Temperatura de Superfície (0,9291), Albedo e Saldo de Radiação Estimado (-0,9897), Albedo e Fluxo de Calor Sensível (0,8960), Albedo e Calor Latente (-0,9759), Albedo e Evapotranspiração horária (-0,9613) e Albedo e Evapotranspiração diária (-0,9723).

Esses resultados reforçam a afirmação de que o albedo é um parâmetro biofísico fundamental para estudos de mudanças ambientais, considerando que alterações nesses valores podem impactar diretamente os valores de evapotranspiração. O albedo mostra-se diretamente proporcional à temperatura de superfície e ao fluxo de calor sensível (quanto maior o albedo, maiores a temperatura e o calor sensível) e inversamente proporcional ao Saldo de Radiação, ao Calor Latente e à evapotranspiração, indicando que o aumento do albedo da superfície age diretamente sobre a

diminuição do saldo de radiação e, com menos energia disponível, a evapotranspiração será menor.

A temperatura de superfície também apresentou correlações fortes e muito fortes com as variáveis de albedo (0,9291), relatado no parágrafo anterior, como também para o saldo de radiação estimado (-0,9477), o fluxo de calor sensível (0,9054), o calor latente (-0,9615), a evapotranspiração horária (-0,9651) e a evapotranspiração diária (-0,9456). Mostra-se diretamente proporcional ao albedo e aos fluxos de calor no solo e sensível, demonstrando a tendência normal de quanto maior a temperatura maior os fluxos de calor, e inversamente proporcional ao saldo de radiação, ao calor latente e à evapotranspiração, indicando que superfícies mais quentes tendem a apresentar um saldo de radiação menor e, conseqüentemente, um volume de evapotranspiração também reduzido. Assim como o albedo, a temperatura de superfície é um ótimo indicador para os efeitos das mudanças ambientais sobre o ciclo da água.

Para a bacia do Rio Formoso, foram registradas, no ano hidrológico 2018/2019, em média, evapotranspirações diárias de 4,9 mm para áreas agrícolas, de 4,7 mm para pastagens, indicadas como áreas com menores volumes, considerando o albedo mais elevado apresentado por essas superfícies. As áreas urbanas, pavimentadas e com solo descoberto, apresentaram evapotranspiração diária média de 4,7 mm, também relacionadas ao albedo elevado e às temperaturas de superfície mais elevadas.

Quando consideradas as áreas de vegetação remanescente, os valores médios diários registrados sobre cerrados, cerradões e formações florestais foram de, respectivamente, 5,5 mm e 5,9 mm e 6,7 mm, indicando que áreas com baixo albedo tendem a apresentar um saldo de radiação e evapotranspiração mais elevados. Os maiores volumes foram registrados sobre corpos hídricos, com média de 7,1 mm. Embora ocupe uma área muito restrita na bacia, a silvicultura apresentou evapotranspiração diária média de 6,3 mm, valores superiores aos registrados pelos Cerrados.

Conforme valores apresentados na tabela 02, as evapotranspições reais estimadas entre outubro de 2018 e setembro de 2019 seguem a mesma tendência dos valores diários, com maiores valores médios registrados para os corpos hídricos (153,7 mm) e os menores sobre áreas cultivadas com cana-de-açúcar (98,2 mm).

Ao comparar os valores médios anuais apresentados pelos Cerrados, percebe-se que a mudança de uso da terra para áreas agrícolas ou pecuárias reduz em 8 % e 16 %, respectivamente, as médias de evapotranspiração, sendo um importante indicativo sobre a conversão de vegetações nativas em áreas de produção agropecuária. Se considerar as áreas com vegetação mais densa, como Cerradão, a redução é da ordem de 22 % para pastagem e 15 % para agricultura. Em escala local/regional, essas mudanças podem interferir na umidade relativa do ar e na ocorrência de chuvas convectivas.

Quanto à variação sazonal dos valores de ETr, considerando as categorias de uso e cobertura da terra, os meses com maiores volumes correspondem ao “auge” do período chuvoso na região entre os meses de dezembro e janeiro, com volumes significativos entre primavera e verão. Destaca-se, ainda, o inverno, quando são registrados os picos de baixa umidade e velocidade dos ventos no Cerrado, aumentando o poder evaporante do ar.

A partir das informações sobre ETr anual para cada categoria de uso e cobertura da Terra e dados pluviométricos anuais, foi estimada a vazão do Rio Formoso entre 01 de outubro de 2018 e 30 de setembro de 2019. A bacia apresenta um posto fluviométrico da Agência Nacional de Águas, cujos dados foram utilizados para comparar a eficiência do modelo. Conforme a tabela 03, a vazão anual estimada para o Rio Formoso foi de $23,6 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^2/\text{s}$, com maior contribuição de escoamento pelas áreas com cobertura de cerrados, que ocupam uma maior porção da bacia, seguida pelas áreas agrícolas. Conforme dados da Agência Nacional de Águas para o posto “Fazenda Formoso”, a vazão registrada foi de $24,9 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^2/\text{s}$, indicando que o modelo pode subestimar os valores, mas que estes apresentam-se próximos aos observados.

Tabela O2 – Valores mensais de evapotranspiração calculados a partir das categorias de uso e cobertura da terra – 2018/2019

	Água	Área úmida	Mata	Silvicultura	Cerradão	Cerrado	Agricultura grãos	Área urbana	Pastagem	Agricultura cana
Out/18	137,5	135,2	129,9	114,1	111,4	106,4	55,1	68,0	76,9	69,4
Nov/18	139,1	124,8	126,4	119,3	113,0	103,8	88,5	88,7	93,3	86,8
Dez/18	172,4	153,5	158,9	158,3	147,4	134,0	148,2	132,4	126,2	117,4
Jan/19	171,4	152,6	158,0	157,4	146,5	133,2	147,3	131,6	125,4	116,7
Fev/19	140,7	129,3	130,3	122,0	118,3	108,9	114,5	102,1	94,3	94,7
Mar/19	155,3	142,8	143,9	134,7	130,6	120,3	126,5	112,7	104,2	104,6
Abr/19	116,5	112,4	113,2	112,3	105,2	97,9	104,7	91,5	81,2	74,0
Mai/19	121,3	117,2	118,7	116,6	110,7	102,6	110,4	97,4	90,1	81,5
Jun/19	175,4	170,9	168,6	150,9	152,2	142,3	144,1	127,9	116,7	119,7
Jul/19	153,8	148,7	147,1	130,6	124,5	113,2	94,7	94,9	91,6	102,0
Ago/19	183,6	177,6	175,6	155,9	148,6	135,1	113,1	113,3	109,4	121,8
Set/19	177,0	174,2	167,3	146,9	143,5	137,1	71,0	87,5	99,0	89,4
Média	153,7	144,9	144,8	134,9	129,3	119,6	109,8	104,0	100,7	98,2
Máximo	183,6	177,6	175,6	158,3	152,2	142,3	148,2	132,4	126,2	121,8
Mínimo	116,5	112,4	113,2	112,3	105,2	97,9	55,1	68,0	76,9	69,4
DP	22,7	22,0	21,0	18,1	17,5	15,9	29,5	20,0	16,1	18,3
Soma	1844,0	1739,2	1737,9	1619,0	1551,9	1434,8	1318,1	1248,0	1208,3	1178,0

Fonte: os autores (2019)

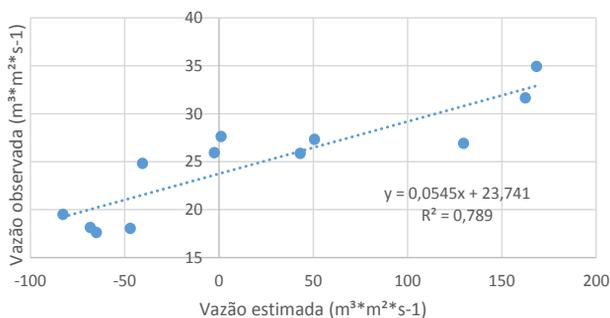
Quando estimada mensalmente, a vazão média anual foi de $21,4 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^2/\text{s}$, com correlação de 0,8882 e coeficiente de determinação de 79 %, indicando também que é possível realizar uma estimativa mensal, mas considerando a forte sazonalidade dos Cerrados, os meses de maio a setembro, com déficit hídrico, apresentariam valores negativos para vazão. O gráfico da figura 05 demonstra a equação de regressão criada entre dados mensais estimados e observados.

Tabela 03 – Vazões estimadas por categoria de uso e cobertura da Terra na bacia do Rio Formoso – 2018/2019

Uso da Terra	Área m ²	ETR (mm)	Prec mm/ano	P-ETR (mm/ano)	Q (mm ³ *m ² /ano)	Q (m ³ *m ² /ano)	Q (m ³ *m ² /s)
Agricultura - cana	43480000	1178,00	1897,50	719,50	31283860000,00	31283860,00	0,99
Agricultura - grãos	505900000	1318,10	1897,50	579,40	293118460000,00	293118460,00	9,29
Água	1820000	1844,00	1897,50	53,50	97370000,00	97370,00	0,00
Área úmida	29290000	1739,20	1897,50	158,30	4636607000,00	4636607,00	0,15
Área urbana	4490000	1248,00	1897,50	649,50	2916255000,00	2916255,00	0,09
Cerradão	115900000	1551,90	1897,50	345,60	40055040000,00	40055040,00	1,27
Cerrado	727700000	1434,80	1897,50	462,70	336706790000,00	336706790,00	10,68
Mata	59970000	1737,60	1897,50	159,90	9589203000,00	9589203,00	0,30
Pastagem	23510000	1208,30	1897,50	689,20	16203092000,00	16203092,00	0,51
Silvicultura	370000	1619,00	1897,50	278,50	103045000,00	103045,00	0,00
Campestre	19140000	1404,50	1897,50	493,00	9436020000,00	9436020,00	0,30
Total	1531570000	1480,31	1897,50	417,2	744145742000,00	744145742,00	23,60

Fonte: os autores (2019)

Figura 05 – Variação mensal da evapotranspiração considerando informações da Estação Meteorológica Automática de Chapadão do Sul e o Posto Pluviométrico da Fazenda Formoso (2018/2019)



Fonte: os autores (2019)

As informações da tabela demonstram que a vazão anual da bacia do Rio Formoso corresponde a 22 % do volume precipitado e que a evapotranspiração responde por 78 % se forem desconsideradas outras etapas do ciclo hidrológico, como infiltração e percolação. Esses valores alertam que, em anos menos chuvosos e quentes, a vazão da bacia pode reduzir a ponto de criar cenários de escassez hídrica, visto que, no período estudado, a ETr anual foi de 1480,3, não sendo raros os registros de precipitação abaixo de 1400 mm na região.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos resultados reforça a hipótese de que a dinâmica espacial e sazonal dos valores de saldo de radiação, fluxos de calor e evapotranspiração estão diretamente ligados às categorias de uso e cobertura da terra, que se apresenta um bom indicador para estudos de mudanças ambientais e efeitos sobre o clima. Para a bacia do Rio Formoso, constatou-se que a conversão do Cerrado em áreas de pastagem e/ou agricultura podem reduzir em 16 % e 8 % a evapotranspiração real, respectivamente.

Elaborado para estudos de saldo radiação, fluxos de energia e evapotranspiração em superfície, o SEBAL também mostra-se adequado à estimativa de vazão anual a partir da análise da evapotranspiração em cada categoria de uso e cobertura da terra e da precipitação média na bacia, fornecendo indicadores importantes para a gestão de recursos hídricos, sobretudo na análise de períodos críticos.

Por fim, a participação no projeto a partir do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) foi fundamental para a compreensão dos elementos e fenômenos que regulam o ciclo da água no ambiente, assim como sua disponibilidade para múltiplos usos e sua conservação.

5. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Edital CAPES 071/2013 – Processo número 88881.068465/2014-01.

6. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Hidroweb** – Sistema de Informações Hidrológicas. Disponível em: http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes_historicas_abas.jsf#. Acesso em: 15 jan. 2020.

AHMAD, M.-UD-DIN, BASTIAANSEN, W. G. M. Retrieving soil moisture storage in the unsaturated zone using satellite imagery and bi-annual phreatic surface fluctuations. **Irrigation and Drainage Systems**, v. 17, p. 141-161, 2003.

ALLEN, R. G. *et al.* Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements. **FAO Irrigation and drainage paper 56**, FAO, v. 300, n. 9, p. 1-297, 1998.

ALLEN, R. G. *et al.* **SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land) advanced training and users manual – Idaho implementation**. Idaho: Idaho University, USA, 2002.

ALLEN, R. G. *et al.* Satellite-Based Energy Balance for Mapping Evapotranspiration with Internalized Calibration (METRIC) – Model. *In: Journal of irrigation and drainage engineering*, v. 133, n. 4, p. 380-394, 2007.

ARIZA, A. **Descripción y Corrección de Productos Landsat 8 LDCM** (Landsat Data Continuity Mission). Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2013.

AYENEW, T. Evapotranspiration estimation using thematic mapper spectral satellite data in the Ethiopian rift and adjacent highlands. **Journal of Hydrology**, v. 279, p. 83-93, 2003.

BASTIAANSSEN, W. G. M. **Regionalization of surface flux densities and moisture indicators in composite terrain**. 1995. 278 f. Tese (Ph.D.) – Wageningen Agricultural University, Wageningen: Netherlands, 1995.

BASTIAANSSEN, W. G. M. *et al.* A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL): 2. Validation. **Journal of Hydrology**, v. 212-213, p. 213-229, 1998.

BEZERRA, B. G. **Balanco de energia e evapotranspiração em áreas com diferentes tipos de cobertura de solo no Cariri cearense através do algoritmo SEBAL**. 2006. 127 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006.

CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa de evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 2000.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE (ESRI) INC. **ArcGis versão 10.6.1**. EUA: Environmental Systems Research Institute, 2018.

COMES, H. B. **Balanco de Radiação e energia em áreas de cultivo de cana-de-açúcar e cerrado no estado de São Paulo mediante imagens orbitais**. 108 f. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009.

HEMAKUMARA, H. M. *et al.* Evapotranspiration fluxes over mixed vegetation areas measured from large aperture scintillometer. **Agricultural Water Management**, v. 58, p. 109-122. 2003.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET) – **Rede de estações automáticas**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?f=estacoes/estacoesAutomaticas>. Acesso em: 10 out. 2019.

KIMURA, R. *et al.* Evapotranspiration estimation over the river basin of the Loess Plateau of China base on remote sensing. **Journal of Arid Environments**, v. 68, p. 53-65, 2007.

KONGO, V. M., JEWITT, G. P. W. Preliminary investigation of catchment hydrology in response to agricultural water use innovations: A case study of the Potshini catchment – South Africa. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 31, p. 976-987, 2006.

MARIANO, Z. F. **A importância da variável climática na produtividade de soja no sudoeste de Goiás**. 2005. 253 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Estadual de São Paulo, Rio Claro, 2005.

MARTINS, A. P. **Uso de dados do sensor MODIS/AQUA e do algoritmo SEBAL para estimativa da evapotranspiração real na bacia do Rio Paranaíba**. 2015. 150 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015.

MENDONÇA, J. C. **Estimação da evapotranspiração regional utilizando imagens digitais orbitais na região Norte Fluminense, RJ**. 2007. 167 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, Brasil. 2007.

NICÁCIO, R. M. **Evapotranspiração real e umidade do solo usando dados de sensores orbitais e a metodologia SEBAL na bacia do Rio São Francisco**. 2008. 337 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008.

PEREIRA, A. R.; SEDIYAMA, G. C.; VILLA NOVA, N. A. **Evapotranspiração**. Campinas: Fundag, 2013.

PESSÔA, V. L. S. **Ação do estado e as transformações agrárias no cerrado das zonas de Paracatu e Alto Paranaíba**. 239 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1988.

TASUMI, M. *et al.* Operational aspects of satellitebased energy balance models for irrigated crops in the semi-arid U.S. **Irrigation and Drainage Systems**, v. 19, p. 355-376, 2005.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). Download de imagens Landsat, SRTM e Sentinel. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 15 set. 2019

WILLMOTT, C. J. *et al.* Statistics for the evaluation of model performance. **Journal of Geophysical Research**, v. 90, n. C5, p. 8998-9005, 1985.

CAPÍTULO 06

BALANÇO HÍDRICO SEQUENCIAL DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA DA UHE CAÇU/GO

*Ezequiel Pereira da Silva
Germano Silva Albuquerque
Regina Maria Lopes
João Batista Pereira Cabral*

Resumo

A água é um recurso essencial para manutenção da vida e conseguir determinar a sua disponibilidade em uma região é crucial para o desenvolvimento de uma sociedade. Nesse sentido, o Balanço Hídrico Climatológico se apresenta como uma das formas de verificar essa disponibilidade. Fazendo uso de cálculos ligados a uma das principais formas de distribuição desse recurso, a precipitação, é possível definir os períodos com deficiência hídrica e excedente hídrico. Pensando nisso, foi aplicado o método do Balanço Hídrico Sequencial da bacia hidrográfica de Caçu, que comporta a UHE Caçu, entre os anos de 2014 e 2017, a fim de verificar a disponibilidade e a dinâmica hídrica relacionada à precipitação ocorrida na bacia, contribuindo com a importância do estudo da dinâmica hídrica para o planejamento dos tipos de usos e ocupação na área de estudo.

Palavras-chave

Balanço Hídrico Sequencial. Precipitação. Evapotranspiração. Disponibilidade hídrica. Bacia hidrográfica.

1. INTRODUÇÃO

A precipitação representa umas das principais formas de entrada de água de um sistema. Por meio dela, é possível determinar a disponibilidade de água, recurso que é indispensável tanto para sobrevivência humana como para atividades da sociedade.

Pinto *et al.* (1976) definem a precipitação como a água proveniente do vapor de água da atmosfera que é depositada na superfície terrestre em qualquer forma, ou seja, chuva, granizo, orvalho, neblina, neve ou geada.

Portanto, seu estudo visa possibilitar o melhor planejamento das atividades socioeconômicas e a qualidade do meio ambiente, uma vez que o conhecimento da quantidade de água que entra e sai do solo possibilita definir os períodos com deficiência hídrica (DEF) e os períodos com excedente hídrico (EXC), permitindo, assim, classificar o clima de determinada região (SANTOS; HERNANDEZ; ROSSETTI, 2010).

D'Angiolella, Vasconcelos e Rosa (2005) explicam que o Balanço Hídrico Climatológico (BHC) surgiu da necessidade de se contabilizar a precipitação e a evapotranspiração que ocorre em um ecossistema, com o objetivo de se conhecer a disponibilidade de água para as plantas ao longo do ano. A utilização do método do BHC-sequencial torna possível compreender essa dinâmica hídrica como também os seus períodos. De acordo com Pereira, Angelocci e Sentelhas (2002), os principais componentes do BHC para definir a demanda e disponibilidade hídrica é precipitação (P), evapotranspiração real (ETR) e evapotranspiração potencial (ETP), que possibilitam a definição dos períodos de DEF e EXC.

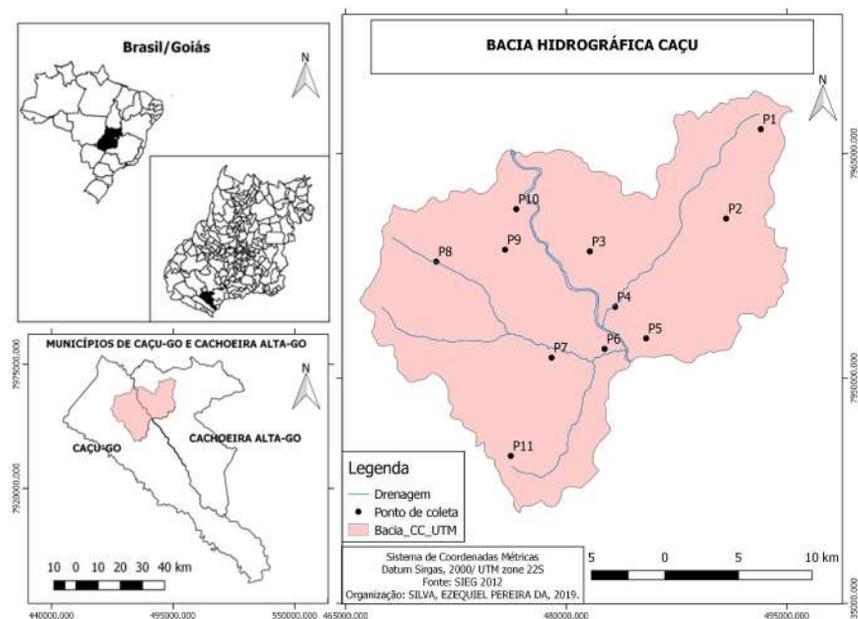
Considerando a disponibilidade de dados e a importância do estudo da dinâmica hídrica para a sociedade, no presente trabalho, tem-se por objetivo analisar a disponibilidade hídrica e proporcionar conhecimento acerca da disponibilidade hídrica na área de influência direta da UHE Caçu, entre os anos de 2014 e 2017,

por meio do Balanço Hídrico Sequencial (BHS), tomando como base o modelo proposto por Thornthwaite e Mather (1955).

2. ÁREA DE ESTUDO

A área de influência direta da UHE Caçu Bacia Caçu está localizada no Estado de Goiás, no baixo curso do Rio Claro, na mesorregião do Sul Goiano, na microrregião de Quirinópolis (Figura 01). A área de influência direta da UHE Caçu é de 437,1 km², sendo que, desse total, o reservatório da UHE Caçu ocupa 14,09 km². A UHE Caçu entrou em funcionamento em 2010, operando em sistema de fio d'água de acordo com Rocha *et al.* (2015) e Braga *et al.* (2018).

Figura 01 – Mapa dos pontos de coletas na área de estudo



Fonte: os autores

Para o levantamento dos dados de precipitação e temperatura da área de estudo, foram utilizados 11 Pluviógrafos digitais modelo P300 Irri Plus e 11 termo-higrômetros modelo HT 500 distribuídos em distintos pontos da área de estudo, conforme o quadro 01.

Quadro 01 – Localização dos pontos de coletas na área de estudo

Pontos	Localidades	Longitude	Latitude	Altitude (m)
P01	Fazenda Morro dos Bois	493214	7966622	632
P02	Fazenda Estância JC	490858	7960655	632
P03	Fazenda Ribeirão dos Paulas I	481584	7958469	489
P04	Fazenda Ribeirão dos Paulas II	483306	7954767	464
P05	Fazenda Ribeirão dos Paulas III	485416	7952669	476
P06	Fazenda Elvis	482591	7951968	431
P07	Fazenda Gabriela	478983	7951378	515
P08	Fazenda Reserva	471139	7957785	691
P09	Fazenda Cinco Estrelas Princesa	475823	7958579	501
P10	Fazenda Caçada	476583	7961285	497
P11	Fazenda Mauro	476211	7944831	728

Fonte: os autores

De acordo com Nimer (1989), a região Centro-Oeste do Brasil apresenta três sistemas de circulação atmosférica que influenciam o seu clima, sendo os Sistemas de Correntes Perturbadas de Oeste (W), Norte (N) e Sul (S), o que faz com que a região apresente dois períodos bem distintos, um chuvoso e um menos chuvoso.

O clima na área de estudo, de acordo com as pesquisas realizadas por Marcuzzo, Cardoso e Faria (2012), Lima e Mariano (2014) e Lopes e Mariano (2018), apresenta um período chuvoso, que se estende de outubro a abril, com concentrações de chuvas que variam de 80 a 500 mm mensais, e um período menos chuvoso, de maio a setembro, em que a precipitação pode chegar a zero mm no mês de julho. A temperatura média do mês mais quente

é de 24 °C, a máxima absoluta é de 38 °C, enquanto que a temperatura média do mês mais frio é de 18 °C. A média anual da precipitação varia de 1400 a 1750 mm.

Segundo Lima (2013), Lima e Mariano (2014) e Lopes e Mariano (2018), a bacia possui cota altimetria de 486 m acima do nível do mar com uma área de 2251 km², e apresenta, principalmente, formações savânicas do tipo cerrado sentido restrito, caracterizado por árvores baixas, de caules tortuosos e ramificações retorcidas, com algumas formações campestres, que vêm sendo reduzidas devido aos impactos ambientais resultantes da prática da agricultura e da pecuária.

As autoras também definem o Latossolo Vermelho Distrófico como o principal tipo de solo da bacia, abrangendo 61 % de sua área, tendo como principal atividade econômica a agricultura moderna e áreas de pastagem. Essas atividades são perceptíveis na paisagem do seu entorno, ainda restando alguns resquícios de Cerrado preservado junto ao agropastoril, que se fez presente em diversos pontos de coleta para este trabalho.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A coleta de dados de temperatura foi realizada por meio de termo-higrômetros digitais modelo HT-500 (Figura 02 A) e, para a coleta dos dados de chuva, foram utilizados pluviógrafos modelo P300 Irri-Plus (Figura 02 B).

Figura 02 – Equipamentos utilizados para coleta de dados na área de estudo

A) Termo-higrômetro modelo HT-500

B) Pluviógrafo modelo P300 Irri-Plus



Fonte: os autores

A instalação dos equipamentos seguiu a proposta de Sezerino e Monteiro (1990), que sugerem uma altura de 1,50 metro do solo. Os pluviógrafos foram fixados em campo aberto sem obstáculos ao seu funil em um ângulo de 45° , os termo-higrômetros foram alocados próximos aos pluviógrafos protegidos por abrigos de madeira pintados na cor branca, com sua face posicionada para o sul, e fechado por uma tela de *nylon* como forma de proteção contra insetos e outros animais.

Os dados coletados pelos equipamentos foram armazenados em arquivos digitais no formato Excel no próprio equipamento. Após, esses dados foram coletados em viagens a campo pela equipe do Laboratório de Climatologia Geográfica da Universidade Federal de Jataí (UFJ) e foram verificados posteriormente pelo mesmo laboratório. Foram utilizados somente dados que não apresentavam falhas.

3.1. CÁLCULOS DO BALANÇO HÍDRICO

O Balanço Hídrico proposto por Thornthwaite e Mather (1955) considera o solo como um reservatório, pois a disponibilidade de água no solo diminui à medida que o armazenamento é reduzido. A capacidade de armazenamento de água no solo está relacionada à textura dos solos e à profundidade das raízes das espécies vegetais existentes em uma bacia hidrográfica (ROSSATO, 2001).

De acordo com Lucas *et al.* (2015) e o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (2016), um determinado período curto de dados contínuos é chamando de Balanço Hídrico Sequencial (BHS), pois não representa, em sua plenitude, o comportamento climático de uma região, que necessita da análise de dados de 30 anos ou mais.

Considerando que o principal tipo de solo da região é o Latosolo Vermelho Distrófico, definido pela EMBRAPA como tipo de solo muito poroso, e classificado pelo INMET, em seus Balanços Hídricos, como valor de CAD (Capacidade de Água Disponível) de 100 mm, adotou-se esse valor para os cálculos deste trabalho. Portanto, este será o valor máximo admitido de CAD no cálculo, sendo aquele volume que se situa entre os limites da bacia dentro da profundidade efetiva das raízes no solo em mm (ROSSATO, 2001).

Já que área de estudo não apresenta uma série de dados históricos igual ou superior a 30 anos para extração de uma normal climática, optou-se pela produção do Balanço Hídrico Sequencial com dados coletados entre 2014 e 2017, que permite uma primeira análise da disponibilidade hídrica da bacia em uma visão não fechada do sistema. Portanto, os resultados encontrados não se apresentaram de maneira uniforme, podendo haver variações entre os anos estudados. Essa variação da disponibilidade de água no solo será definida por meio da equação $ARM = P - ET$ (armazenamento = precipitação – evapotranspiração).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação dos cálculos resultou nos seguintes valores para os componentes das formulas: $I=136,5$. $a=3,22$. Que apresentaram os resultados demonstrados no quadro 02.

Quadro 02 – Resultados da aplicação dos cálculos

Ano	Mês	NDN	DJ	d	H	N	T(°c)	ET	fc	ETP(mm)
2014	01	31	1	-23,0	98,1	13,08	26,4	133,4	1,13	150,2
	02	28	32	-17,5	96,0	12,80	25,6	120,7	1,00	120,2
	03	31	60	-8,3	92,8	12,37	25,6	120,6	1,07	128,5
	04	30	91	4,0	88,7	11,82	25,1	113,0	0,99	111,4
	05	31	121	14,9	84,9	11,33	22,2	76,4	0,98	74,5
	06	30	152	22,0	82,3	10,97	21,7	70,9	0,91	64,8
	07	31	182	23,1	81,9	10,92	21,0	64,1	0,94	60,3
	08	31	213	17,9	83,9	11,18	22,9	84,4	0,96	81,3
	09	30	244	7,7	87,4	11,66	25,7	122,4	0,97	118,9
	10	31	274	-4,2	91,4	12,19	26,9	141,9	1,05	148,9
	11	30	305	-15,4	95,2	12,70	25,9	125,4	1,06	132,7
	12	31	335	-22,1	97,7	13,03	26,3	132,4	1,12	148,6
2015	01	31	1	-23,0	98,1	13,08	27,6	154,4	1,13	173,9
	02	28	32	-17,5	96,0	12,80	25,8	124,8	1,00	124,2
	03	31	60	-8,3	92,8	12,37	25,0	112,7	1,07	120,0
	04	30	91	4,0	88,7	11,82	25,4	117,6	0,99	115,9
	05	31	121	14,9	84,9	11,33	22,7	82,0	0,98	80,0
	06	30	152	22,0	82,3	10,97	21,6	70,5	0,91	64,5
	07	31	182	23,1	81,9	10,92	22,3	77,7	0,94	73,1
	08	31	213	17,9	83,9	11,18	23,2	88,3	0,96	85,0
	09	30	244	7,7	87,4	11,66	26,0	127,1	0,97	123,5
	10	31	274	-4,2	91,4	12,19	27,4	151,1	1,05	158,6
	11	30	305	-15,4	95,2	12,70	25,6	120,7	1,06	127,7
	12	31	335	-22,1	97,7	13,03	26,5	135,1	1,12	151,6

Ano	Mês	P(mm)	P-ETP(mm)	NEG(mm)	ARM(mm)	ALT(mm)	ETR(mm)	DEF(mm)	EXC(mm)
2014	01	211,7	61,5	0,0	100,0	0,0	150,2	0,0	61,5
	02	194,2	74,0	0,0	100,0	0,0	120,2	0,0	74,0
	03	229,7	101,2	0,0	100,0	0,0	128,5	0,0	101,2
	04	134,8	23,4	0,0	100,0	0,0	111,4	0,0	23,4
	05	4,2	-70,3	-70,3	49,5	-50,5	54,7	19,8	0,0
	06	6,7	-58,2	-128,5	27,7	-21,8	28,5	36,4	0,0
	07	3,0	-57,3	-185,8	15,6	-12,1	15,1	45,2	0,0
	08	1,7	-79,6	-265,4	7,0	-8,6	10,3	71,0	0,0
	09	73,3	-45,6	-311,0	4,5	-2,6	75,8	43,1	0,0
	10	111,9	-37,0	-348,0	3,1	-1,4	113,3	35,6	0,0
	11	179,3	46,6	-69,9	49,7	46,6	132,7	0,0	0,0
	12	314,5	165,9	0,0	100,0	50,3	148,6	0,0	115,6
2015	01	106,3	-67,6	-67,6	50,9	-49,1	155,5	18,5	0,0
	02	244,6	120,4	0,0	100,0	49,1	124,2	0,0	71,3
	03	256,3	136,3	0,0	100,0	0,0	120,0	0,0	136,3
	04	125,1	9,2	0,0	100,0	0,0	115,9	0,0	9,2
	05	79,5	-0,5	-0,5	99,5	-0,5	80,0	0,0	0,0
	06	12,7	-51,8	-52,3	59,3	-40,2	52,9	11,6	0,0
	07	19,0	-54,0	-106,3	34,5	-24,7	43,8	29,3	0,0
	08	24,4	-60,6	-166,9	18,8	-15,7	40,1	44,9	0,0
	09	50,9	-72,5	-239,5	9,1	-9,7	60,6	62,8	0,0
	10	164,0	5,3	-193,3	14,5	5,3	158,6	0,0	0,0
	11	148,1	20,4	-105,5	34,8	20,4	127,7	0,0	0,0
	12	233,2	81,5	0,0	100,0	65,2	151,6	0,0	16,4

Continuação quadro 02 – Resultados da aplicação dos cálculos

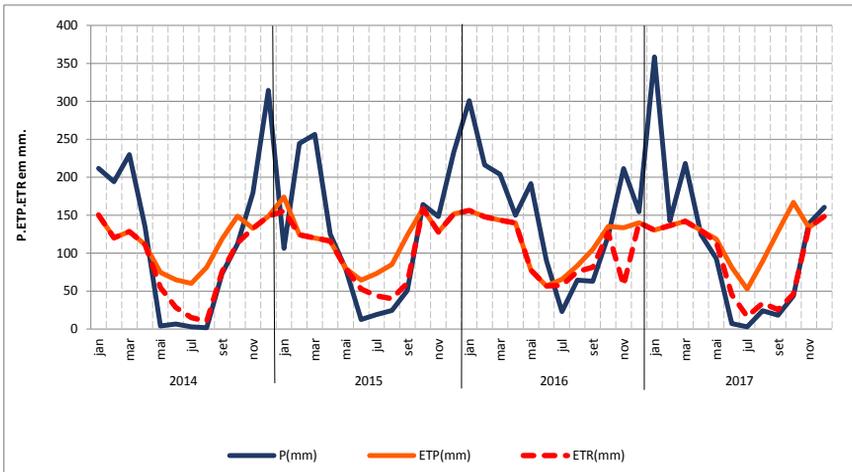
Ano	Mês	NDN	DJ	d	H	N	T(°c)	ET	fc	ETP(mm)
2016	01	31	1	-23,0	98,1	13,08	26,7	138,6	1,13	156,1
	02	28	32	-17,5	96,0	12,80	27,3	148,6	1,00	147,9
	03	31	60	-8,3	92,8	12,37	26,5	134,6	1,07	143,3
	04	30	91	4,0	88,7	11,82	26,9	141,7	0,99	139,6
	05	31	121	14,9	84,9	11,33	22,5	79,6	0,98	77,6
	06	30	152	22,0	82,3	10,97	20,8	62,1	0,91	56,7
	07	31	182	23,1	81,9	10,92	21,6	69,6	0,94	65,5
	08	31	213	17,9	83,9	11,18	23,1	86,7	0,96	83,5
	09	30	244	7,7	87,4	11,66	24,7	107,9	0,97	104,8
	10	31	274	-4,2	91,4	12,19	26,1	128,9	1,05	135,3
	11	30	305	-15,4	95,2	12,70	25,9	126,3	1,06	133,6
	12	31	335	-22,1	97,7	13,03	25,9	124,9	1,12	140,1
2017	01	31	1	-23,0	98,1	13,08	25,2	115,7	1,13	130,3
	02	28	32	-17,5	96,0	12,80	26,6	137,0	1,00	136,4
	03	31	60	-8,3	92,8	12,37	26,4	133,2	1,07	141,9
	04	30	91	4,0	88,7	11,82	26,3	132,0	0,99	130,0
	05	31	121	14,9	84,9	11,33	25,6	121,6	0,98	118,6
	06	30	152	22,0	82,3	10,97	23,3	89,0	0,91	81,4
	07	31	182	23,1	81,9	10,92	20,1	55,9	0,94	52,6
	08	31	213	17,9	83,9	11,18	23,6	92,7	0,96	89,3
	09	30	244	7,7	87,4	11,66	26,3	132,5	0,97	128,8
	10	31	274	-4,2	91,4	12,19	27,9	159,2	1,05	167,0
	11	30	305	-15,4	95,2	12,70	26,0	126,6	1,06	133,9
	12	31	335	-22,1	97,7	13,03	26,3	132,4	1,12	148,6
Total	/	/	/	/	/	/	1195,9	5445,2	48,7	5581,1
Média	/	/	/	/	/	/	24,9	113,4	1,0	116,3

Ano	Mês	P(mm)	P-ETP(mm)	NEG(mm)	ARM(mm)	ALT(mm)	ETR(mm)	DEF(mm)	EXC(mm)
2016	01	300,9	144,8	0,0	100,0	0,0	156,1	0,0	144,8
	02	216,1	68,1	0,0	100,0	0,0	147,9	0,0	68,1
	03	203,6	60,3	0,0	100,0	0,0	143,3	0,0	60,3
	04	149,8	10,2	0,0	100,0	0,0	139,6	0,0	10,2
	05	191,5	113,8	0,0	100,0	0,0	77,6	0,0	113,8
	06	90,7	33,9	0,0	100,0	0,0	56,7	0,0	33,9
	07	23,1	-42,3	-42,3	65,5	-34,5	57,6	7,8	0,0
	08	64,3	-19,2	-61,5	54,1	-11,4	75,7	7,7	0,0
	09	63,0	-41,8	-103,3	35,6	-18,5	81,5	23,3	0,0
	10	122,7	-12,6	-115,9	31,4	-4,2	126,9	8,4	0,0
	11	211,5	77,9	-38,0	68,4	37,0	57,6	0,0	0,0
	12	154,4	14,2	-19,0	82,7	14,2	140,1	0,0	0,0
2017	01	358,5	228,2	0,0	100,0	17,3	130,3	0,0	210,9
	02	142,5	6,1	0,0	100,0	0,0	136,4	0,0	6,1
	03	218,2	76,2	0,0	100,0	0,0	141,9	0,0	76,2
	04	124,6	-5,4	-5,4	94,7	-5,3	129,9	0,1	0,0
	05	92,7	-25,9	-31,3	73,1	-21,6	114,3	4,3	0,0
	06	7,3	-74,1	-105,4	34,8	-38,3	45,5	35,8	0,0
	07	3,0	-49,6	-155,0	21,2	-13,6	16,6	36,0	0,0
	08	24,0	-65,2	-220,3	11,1	-10,2	34,2	55,1	0,0
	09	18,1	-110,6	-330,9	3,7	-7,4	25,5	103,2	0,0
	10	43,8	-123,2	-454,1	1,1	-2,6	46,4	120,6	0,0
	11	138,8	4,9	-282,0	6,0	4,9	133,9	0,0	0,0
	12	160,4	11,8	-173,0	17,7	11,8	148,6	0,0	0,0
Total	/	6052,3	471,3	-4448,4	2879,4	-82,3	4684,6	820,6	1333,2
Média	/	126,1	9,8	-92,7	60,0	-1,7	97,6	17,1	27,8

Fonte: os autores

Esses resultados permitiram o desenvolvimento do gráfico 1, que possibilita uma melhor interpretação da relação entre precipitação (P), evapotranspiração potencial (ETP) e evapotranspiração real (ETR).

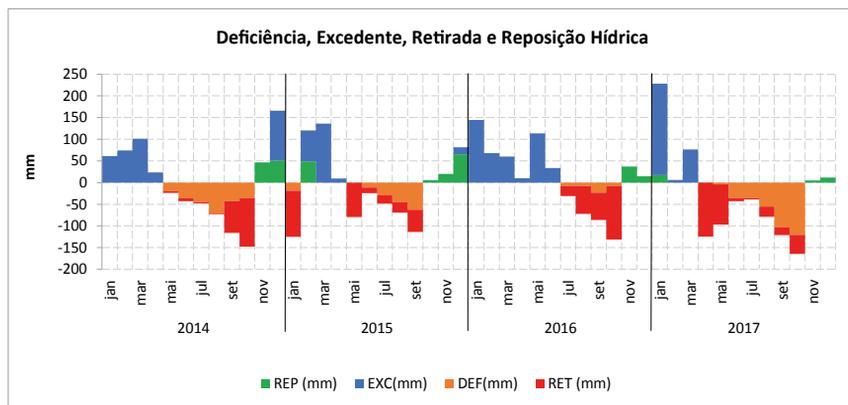
Gráfico 01 – Balanço Hídrico Sequencial da Bacia Caçu de 2014 a 2017



Fonte: os autores

Conforme os dados do gráfico 1, verifica-se que, quando $P > ETP$, ocorre o período de excedente hídrico (EXC) ou de reposição hídrica (REP), quando $P < ETR$, ocorre o período de déficit hídrico (DEF) em que ocorrerá a retirada do armazenamento hídrico (RET), que é limitada ao valor de CAD. Considerando que os valores de REP e RET são limitados ao valor do CAD, seus valores foram usados para produção do gráfico 2, que permite uma melhor interpretação do BHS, destacando melhor os períodos por meio de barras sobrepostas (Gráfico 2).

Gráfico 02 – Distribuição Hídrica Sequencial da Bacia Caçu de 2014 a 2017

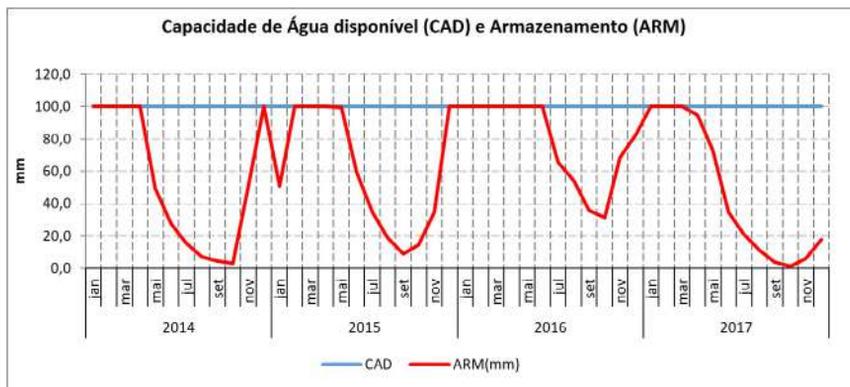


Fonte: os autores

No gráfico 2, é possível perceber de forma mais visível que os períodos de DEF, RET, EXC e REP ficam evidentes nos dois períodos apontados, com a REP sendo marcada em verde e ocorrendo nos três primeiros meses do período chuvoso, nos quatro anos estudados, entre os meses de outubro e novembro. O EXC ocorre logo após o período de REP atingir o valor do CAD e encerra entre março e junho, o que permite uma visão aproximada de quando se inicia o período chuvoso e menos chuvoso da área de estudo.

Para melhor interpretar o saldo de armazenamento e demonstrar como ele se mantém ao longo dos anos, foi desenvolvido o gráfico 3, que apresenta a disponibilidade de água no solo da área de estudo dentro dos anos analisados.

Gráfico 03 – Disponibilidade de água no solo da bacia entre 2014 e 2017

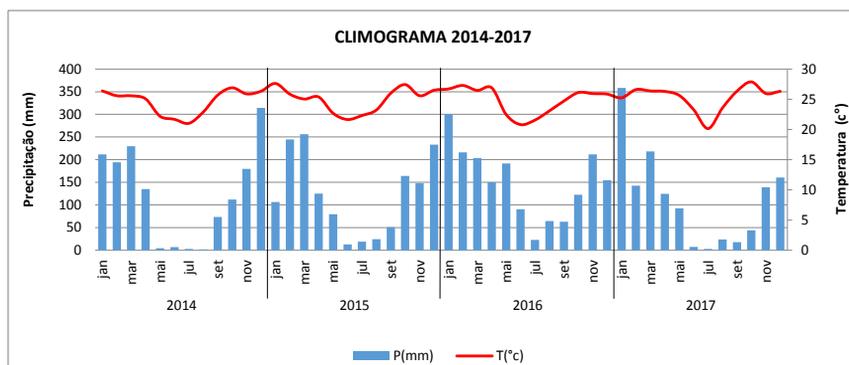


Fonte: os autores

No gráfico 3, é possível identificar, entre os quatro anos analisados, que, nos anos de 2014 e 2015, o primeiro mês a atingir capacidade máxima de armazenamento foi dezembro, já nos anos de 2016 e 2017, a capacidade máxima é alcançada no mês de janeiro. Dessa forma, os meses podem ser entendidos como o fim do período de recarga do solo e início do período de excedente, o que significa o melhor período para atividades que dependam de maior disponibilidade hídrica, tendo o seu fim entre os meses de abril e junho (Tabela 3 e Gráfico 4).

Como o período de EXC ocorre durante o período chuvoso, e o período de DEF e RET ocorrem no meio do ano, foi produzido um climograma dos anos analisados (Gráfico 04).

Gráfico 04 – Climograma da Bacia para os anos estudados



Fonte: os autores

Comparando os gráficos 3 e 4, os períodos apontados como menos chuvoso e chuvoso ficam mais evidentes, juntamente com sua relação com a temperatura e com os períodos de DEF e EXC, podendo ser entendidos com EXC e REP, ocorrendo durante o período chuvoso com temperaturas mais elevadas entre os meses de outubro e abril, e com o DEF e RET durante o período menos chuvoso, com temperaturas mais frias, entre os meses de maio e setembro.

Durante a análise e produção deste trabalho, verificou-se que o mês que se destacou entre os demais foi o mês de janeiro de 2015, por apresentar DEF com uma redução do volume armazenado ocorrendo durante aquele que seria o período chuvoso, no entanto, quanto a esse mês em específico, é necessário considerar que ele apresenta um baixo valor de precipitação em comparação com os demais anos, mantendo uma temperatura ainda elevada (Gráfico 4), com uma pequena redução da ETR, provavelmente devido à quantidade de água ainda armazenada nos meses anteriores (Gráfico 3), passando a ser um mês de DEF, mas com pouca RET (Gráfico 2).

Outro período que se destaca dos demais é o período chuvoso entre os anos de 2016 e 2017, por apresentar uma baixa

distribuição da precipitação ao longo dos meses com um alto volume no mês de janeiro, sendo responsável pelo maior volume de EXC do período (Gráfico 2), sem grandes alterações nos demais fatores analisados.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É necessário, primeiramente, considerar que o Balanço Hídrico Sequencial não é produzido a partir de normais climatológicas da bacia, uma vez que ainda não há dados de 30 anos suficientes para tal. Além disso, para a produção do BHS, foram usados dados de quatro anos de equipamentos instalados na área de estudo da área de influência direta da UHE Caçu, e que o tipo de balanço escolhido não tem seus valores absolutos e fixos por se tratar de uma sequência e não de um ciclo, havendo, portanto, sempre um lapso de dados posterior e anterior aos anos analisados.

Feitas essas considerações, é possível concluir que a área de influência direta da UHE Caçu tem maior disponibilidade hídrica durante o seu período chuvoso, que ocorre entre outubro e abril, meses com temperaturas mais elevadas, com a ETR atingindo, na maior parte dos meses, o valor da ETP, devido à sua temperatura e à maior disponibilidade de água no solo e cursos hídricos, com maiores valores de EXC, que ocorrem durante os meses de dezembro e janeiro. Assim, os meses de dezembro e janeiro são os mais indicados para atividades que necessitam de maior volume de água, como o mês de janeiro de 2017, que apresentou maior valor EXC (210,9 mm).

Na área de estudo, durante o período menos chuvoso (entre maio e setembro), as temperaturas foram menores e houve uma redução da disponibilidade hídrica, fazendo com que, na área de estudo, a DEF provocasse a redução tanto da ETP como da ETR, com valor ETR não atingindo mais os valores ETP. Durante esse período, o maior valor foi de 120,6 mm, o que ocorreu em outubro de 2018, mas vale ressaltar que nem sempre o valor de DEF será o

valor total de água reiterada no solo. Portanto, o DEF representa um período em que pode ocorrer a RET, com o seu maior valor (124,6 mm) durante o recorte temporal de estudo, em abril de 2017.

Foi observado que a REP, aparentemente, ocorre durante os três primeiros meses do início do período chuvoso, mas o balanço hídrico sequencial representa um primeiro estudo sobre a dinâmica hídrica da área de estudo, sendo ainda cedo para determinar um possível padrão, uma vez que ainda há meses, como o de janeiro de 2015 e 2017, que se destacam por dinâmicas diferentes dos demais anos, necessitando de um recorte maior, além de estudos mais aprofundados para que sejam identificados padrões e fenômenos atípicos da dinâmica hídrica da área de estudo. No entanto este trabalho também representa o primeiro passo em direção a isso, sua aplicação significa não só o começo desse processo científico, como também representa o estudo do agora, fornecendo informações e conhecimentos sobre a área de influência direta da UHE Caçu para o seu melhor uso e planejamento pela sociedade nos dias atuais e no futuro.

6. AGRADECIMENTOS

Ao Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Edital CAPES 071/2013 – Processo número 88881.068465/2014-01. À Universidade Federal de Jataí, instituição, ao qual estou vinculado; aos membros do laboratório de Climatologia coordenado pela Prof.^a Dr.^a Regina Maria Lopes; à equipe do laboratório de Geociências Aplicadas, coordenada pelo Prof. Dr. João Batista Pereira Cabral; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo auxílio financeiro na forma de bolsa, que possibilitou a minha dedicação e aprimoramento científico; aos familiares e amigos quem vêm me incentivando e apoiando em minha jornada acadêmica.

7. LISTA DE SIGLAS

ARM – Armazenamento
 BHS – Balanço Hídrico Sequencial
 CAD – Capacidade de Água Disponível no solo
 DEF – Deficiência Hídrica
 ET – Evapotranspiração
 ETP – Evapotranspiração potencial
 ETR – Evapotranspiração real
 EXC – Excedente Hídrico
 °C – Graus Celsius
 P – Precipitação
 REP – Reposição Hídrica
 RET – Retirada Hídrica
 UHE – Usina Hidroelétrica

8. REFERÊNCIAS

BRAGA, C. C. *et al.* Qualidade dos sedimentos em relação à presença de metais pesados no reservatório da usina hidrelétrica de Caçu-GO. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 3, p. 959-972, 2018.

D'ANGIOLELLA, G. VASCONCELLOS, V. L. D.; ROSA, J. W. C. Estimativa e espacialização do balanço hídrico na mesorregião sul da Bahia. 2005. *In*: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2005, Goiânia. **Anais [...]**. Goiânia: INPE, 2005. p. 83-90.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. Mapas do Boletim Agroclimatológico. 2016.

LIMA, A. M. **Relação clima e vegetação na área das bacias das Usinas Hidrelétricas de Barra dos Coqueiros e Caçu-GO**. 2013. 90 f. Dissertação (Mestrando em Geografia) – Programa de Pós-graduação em Geografia, Unidade Acadêmica Especial de Estudos Geográficos, Jataí-GO, 2013.

LIMA, A. M.; MARIANO, Z. F. Análise microclimática no interior e fora das florestas estacionais semidecíduais na área da bacia da Usina Hidrelétrica de Caçu-GO. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 27, p. 67-87, 2014.

LOPES, R. M.; MARIANO, Z. de F. Análise dos Episódios de Verão e Inverno na Área de Influência dos Reservatórios Caçu e Barra dos Coqueiros-GO. **GEOAMBIENTE ON-LINE**, v. 30, p. 198-2019, 2018.

LUCAS, D. D. P. *et al.* Excedente hídrico em diferentes solos e épocas de semeadura do girassol no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 6, p. 431-440, jun. 2015. DOI: 10.1590/S0100-204X2015000600001.

MARCUZZO, F. F. N.; CARDOSO, M. R. D.; FARIA, T. G. Chuvas no cerrado da região centro-oeste do Brasil: análise histórica e tendência futura. **Ateliê Geográfico**, v. 6, p. 112-130, 2012.

NIMER, E. Climatologia da Região Centro-Oeste. **Climatologia do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002.

PINTO, N. L. S. *et al.* **Hidrologia Básica**. São Paulo: Edgard Blucher/FNME, 1976.

ROCHA, I. R. *et al.* 2015. Avaliação sazonal das águas do reservatório da usina hidrelétrica Caçu, no Município de Caçu, Goiás. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 29, p. 137-160, 2015.

ROSSATO, L. **Estimativa da capacidade de armazenamento de água no solo do Brasil**. 2001. 145 f. Dissertação (Programa de Pós-graduação do INPE em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2001.

SANTOS, G. O.; HERNANDEZ, F. B. T.; ROSSETTI, J. C. Balanço hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de Maringá, noroeste do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 4, n. 3, p. 142-149, 2010.

SEZERINO, M. L.; MONTEIRO, C. A. de. O campo térmico da cidade de Florianópolis: primeiros experimentos. **Revista Geosul**, Florianópolis, v. 5, n. 9, p. 4-56, 1990.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R., The water balance. **Publications in Climatology**. New Jersey: DrEXCI Institute of Technology, 1955. 104 p.

CAPÍTULO 07

MONITORAMENTO DA RADIAÇÃO SOLAR NO MUNICÍPIO DE JATAÍ/GO

Germano Silva Albuquerque

Regina Maria Lopes

João Batista Pereira Cabral

Resumo

Por meio da análise e monitoração da variação de radiação solar, buscou-se averiguar a relação da intensidade de radiação no período que compreende janeiro de 2008 até dezembro de 2018. Sendo feitas médias para cada mês, nos horários de 7h00min até 16h00min, os dados foram coletados diariamente pelo piranômetro, o que possibilitou instigar o fato de que a radiação está sendo mais intensa do que nos anos anteriores. De acordo com os resultados obtidos, a variação da radiação é instável e o intervalo de onze anos analisados é pouco abrangente para determinar com clareza o aumento da incidência solar. O horário com o menor índice de radiação foi às 7h00min e o maior às 12h00min, mantendo certo padrão. A partir da análise dos gráficos apresentados no trabalho, é possível perceber a influência das duas estações do ano bem definidas, verão e inverno.

Palavras-Chave

Variabilidade de Radiação. Intensidade Solar. Meteorologia.

1. INTRODUÇÃO

O sol é a maior fonte de energia que atua sobre a Terra, sendo responsável por manter a dinâmica da temperatura do planeta. A energia solar pode ser considerada a mais abundante e contínua fonte de energia disponível e emite tipos de ondas como a ultravioleta, que chegam intensamente à superfície terrestre, interligado a fatores que determinam a característica climática de cada região, como relevo, topografia, altitude, latitude. A fração de radiação que chega à superfície depende das condições atmosféricas locais, as quais caracterizam a transmitância atmosférica para a radiação de ondas curtas (BORGES *et al.*, 2010)

A mesma radiação que torna única a dinâmica da circulação atmosférica, interage em diversos processos dentro do ecossistema, inclusive antrópico. O aumento da incidência de radiação solar pode ocasionar alterações climáticas, cujos efeitos adversos podem impactar áreas de agricultura, condicionante para o desenvolvimento econômico local e centros urbanos, com relação à saúde e ao conforto térmico (AL-SALAYMEH, 2006; GARCIA; GUERRA; HOOGENBOOM, 2008).

A formação de ilhas de calor nas áreas urbanas, decorrentes da atividade antrópica, ocorre devido à impermeabilização do solo, construções, pavimentações e expansão das malhas urbanas, como concreto, asfaltos e telhados, os quais absorvem e conservam a radiação solar, aumentando a temperatura do ar sobre as cidades, a emissão de poluentes, o que contribui para precarização do ambiente, resultando em grandes impactos ecológicos (HÄDER; SINHA, 2005; MENDES *et al.*, 2019).

Segundo o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) (BRASIL, 2013), no Brasil, os solos agrícolas são responsáveis por 64 % das emissões diretas de N_2O para atmosfera, pois a substituição da vegetação nativa por áreas de pastagem e agricultura ocasiona a retenção da radiação direta, resultando no aumento da temperatura. A substituição de áreas nativas por pastagens e lavouras,

principalmente em regiões de cerrado, agrava mais ainda os índices atuais de desmatamento e eleva os eventos de redução da biodiversidade que estão expostos a variações climáticas.

Vale ressaltar que o processo das queimadas naturais e controladas que compõem a realidade nos períodos de inverno no Cerrado, acaba liberando uma grande quantidade de CO₂ para a atmosfera, dificultando a dispersão do fluxo de energia tanto nas áreas florestais como nos centros urbanos (COUTINHO, 1978; PACHECO; NEVES; FERNANDES, 2018).

Estudos revelam relação direta entre o aumento da incidência de radiação solar com o crescimento de agravos à saúde, pois a exposição prolongada à luz solar tem sido apontada como um dos principais fatores de risco para o desenvolvimento do câncer de pele. O ultravioleta possui comprimento de onda entre 290 nm a 200 nm e alcança camadas superficiais da pele, sendo absorvido boa parte pelo DNA e outros componentes epidérmicos, como elastina e colágeno (CARDOSO, 2019; GALVÃO *et al.*, 2013; HOLICK, 2016).

Diante disso, avaliar e monitorar a variabilidade dos índices de radiação em determinada área é de fundamental importância, visto que esse conjunto de dados pode ser utilizado na agricultura, meio ambiente e com aplicações em aspectos cotidianos. Assim, objetivou-se verificar a variação da radiação solar direta no período de 2008 a 2018, no município de Jataí, Goiás.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O sistema utilizado para realização dos gráficos levou em consideração a intensidade de radiação por hora ao longo dos anos, realizando médias mensais. Ficaram estabelecidos os seguintes modelos: no eixo X, a representação dos meses do ano; no eixo Y, a intensidade da radiação em KJ/M².

Os dados utilizados para a presente pesquisa foram obtidos da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia

(INMET), localizada no Campus Jatobá da Universidade Federal de Jataí – Goiás (latitude 17.8828° S, longitude 51.7264° W e altitude de 749m) (Figura 01).

Figura 01 – Estação meteorológica do laboratório de climatologia – Departamento de Geografia – UFJ



Fonte: Estação Meteorológica de Jataí, INMET (2019)
Organização: Albuquerque (2019)

A captação diária dos dados de radiação solar pelo piranômetro em intervalos de hora/hora, seguiu os procedimentos descritos pelo departamento de meteorologia do INMET. Foram coletados dados referentes aos anos de 2008 a 2018, no horário das 07h00min às 16h00min. Os dados foram armazenados em um banco de dados em planilha Excel referente a anos, meses, dias e horas.

A estação meteorológica do INMET em Jataí, possui, em seu entorno, vegetação rasteira que pode ser caracterizada como

campestre, permitindo uma boa circulação do ar, sem grandes interferências e sombreamento.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados da pesquisa são apresentados em gráficos para demonstração da variância da radiação no horário de Brasília. Os horários em que não há radiação são excluídos automaticamente pelo sistema.

Nos gráficos, estão contidos os valores da relação da variação dos índices de radiação solar em KJ/M^2 correspondente ao horário das 7h00min às 16h00min dos anos de 2008 a 2018. Tendo o maior pico em 2010 com $1830,3 \text{ KJ/M}^2$ e o menor índice de radiação em 2009 com $1750,3 \text{ KJ/M}^2$.

Apesar de o sol emanar radiação por todo o globo, vale ressaltar que o modo como cada parte do planeta vai receber essa energia é diferente devido o formato da Terra e a inclinação do eixo de $23,5^\circ$, assim como fatores de refletância e características próprias de cada região, tendo uma relação com as estações do ano. À medida que a radiação solar varia de acordo com a latitude e seu posicionamento ao longo do dia, se faz necessário monitorar e entender essa variável espacialmente e temporalmente.

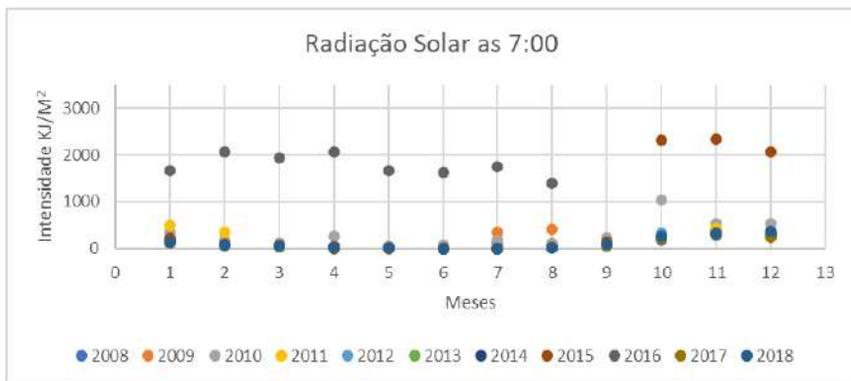
De modo geral, as duas maiores variações sazonais ocorrem na estação do verão, dias com maior tempo de insolação, e no inverno, com menor tempo de insolação. Para análise dos dados, foram consultados documentos emitidos pelo INMET referentes ao ano 2015/2016, período em que o Brasil passou por alguns fenômenos climáticos, o que pode justificar o comportamento dos gráficos no período de outubro a dezembro de 2015 e os meses de janeiro a agosto de 2016 (BRASIL, 2016).

O declínio no padrão da onda nos meses de agosto a dezembro de 2016, pode ser o resultado do deslocamento de algumas massas de ar frias que atuaram no Brasil e favoreceram

a ocorrência de precipitações pluviométricas isoladas no centro-oeste e a atuação de anticiclones pós-frontal, que propiciam a queda das temperaturas de modo mais abrupto (BRASIL, 2016).

Em trabalho elaborado por Monteiro *et al.* (2018), os autores constataram que esse tipo de fenômeno se torna difícil de definir como atuante direto no centro oeste, podendo ser melhor notado na atuação indireta pela radiação solar incidente na região do centro oeste. Na figura 02, apresentam-se os dados referentes ao primeiro horário de análise (07h00min), em uma relação com níveis de radiação em média de 287KJ/M².

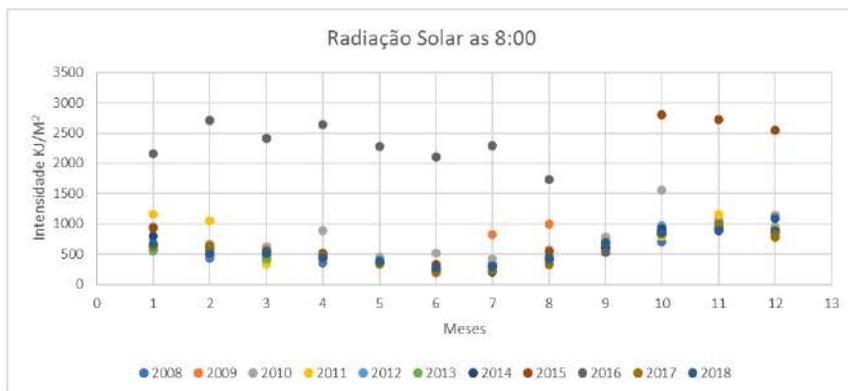
Figura 02 – Radiação Solar às 7h00min



Fonte: Estação Meteorológica de Jataí, INMET (2019)
Organização: Albuquerque (2019)

Na figura 03, constam os valores da relação da variação dos índices de radiação solar em KJ/M² correspondente ao horário das 8h00min dos anos de 2008 a 2018, tendo a média de 761,1 KJ/M². No intervalo de uma hora, houve um aumento da incidência de 473,3 KJ/M² em relação ao horário das 7h00min.

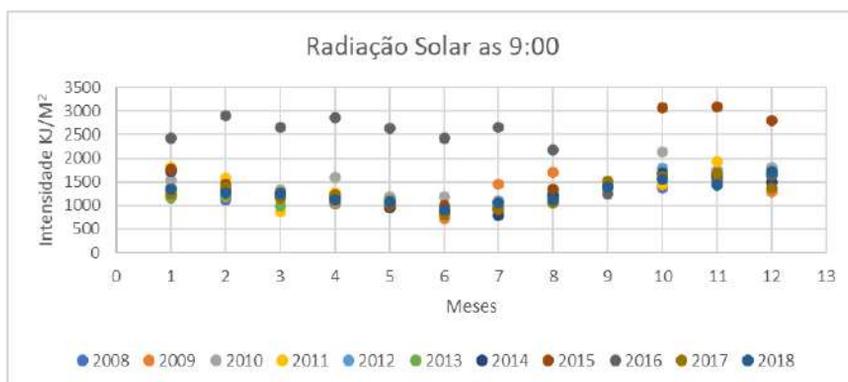
Figura 03 – Radiação Solar às 8h00min



Fonte: Estação Meteorológica de Jataí, INMET (2019)
Organização: Albuquerque (2019)

Na figura 04, constam os valores da relação da variação dos índices de radiação solar em KJ/M² correspondente ao horário das 9h00min. Constam, também, as médias mensais da incidência de radiação, com média anual de 1420,1 KJ/M² de intensidade e com aumento de 658,9 KJ/M² em relação ao horário das 8h00min.

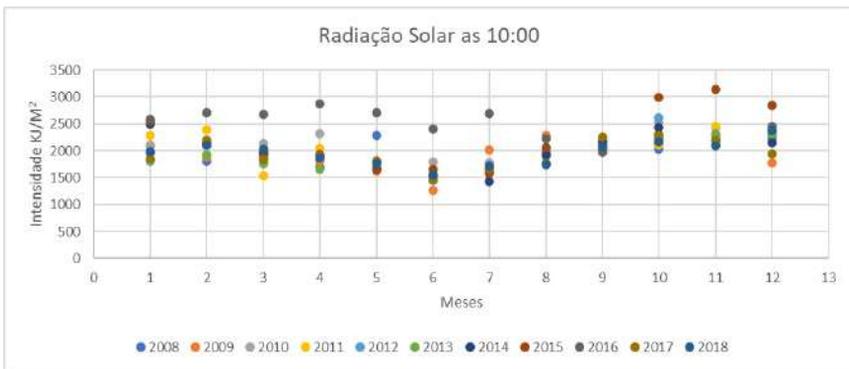
Figura 04 – Radiação Solar às 9h00min



Fonte: Estação Meteorológica de Jataí, INMET (2019)
Organização: Albuquerque (2019)

Na figura 05, estão contidos os valores da relação da variação dos índices de radiação solar em KJ/M^2 correspondentes ao horário das 10h00min. A intensidade de radiação tem uma média de $2046,1 \text{ KJ}/\text{M}^2$, com um aumento de $626,1 \text{ KJ}/\text{M}^2$ em relação ao horário das 9h00min.

Figura 05 – Radiação Solar às 10h00min

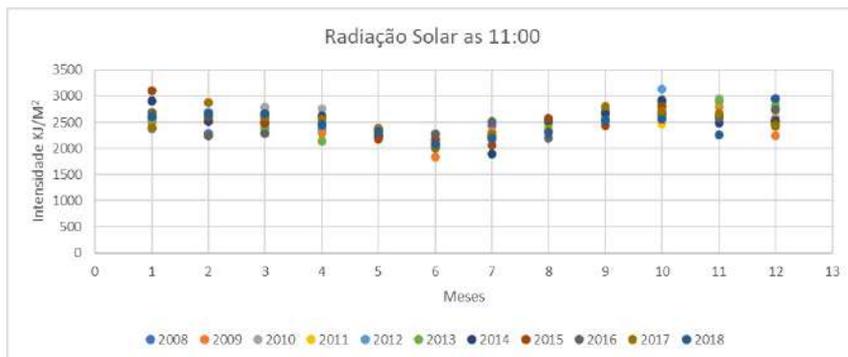


Fonte: Estação Meteorológica de Jataí, INMET (2019)

Organização: Albuquerque (2019)

Na figura 06, estão contidos os valores da relação da variação dos índices de radiação solar em KJ/M^2 correspondentes ao horário das 11h00min. O comportamento da onda segue aumentando ao longo do dia com marcação média de $2493,7 \text{ KJ}/\text{M}^2$, com um aumento de $447,6 \text{ KJ}/\text{M}^2$ em relação ao horário das 10h00min.

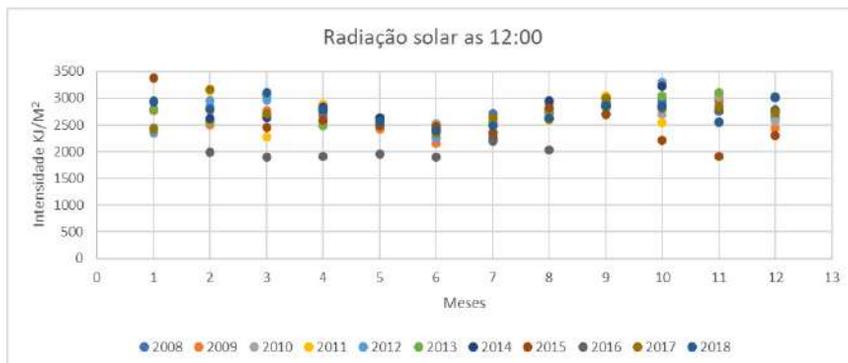
Figura 06 – Radiação Solar às 11h00min



Fonte: Estação Meteorológica de Jataí, INMET (2019)
Organização: Albuquerque (2019)

Na figura 07, estão contidos os valores da relação da variação dos índices de radiação solar em KJ/M^2 correspondentes ao horário das 12h00min. A incidência solar tem um valor médio de $2670,2 \text{ KJ}/\text{M}^2$, sendo este o horário que registrou os maiores valores de radiação. Assim, apresentou aumento de $176,5 \text{ KJ}/\text{M}^2$ em relação ao horário das 11h00min. No ano de 2015, foi percebida uma baixa nos meses de outubro, novembro e dezembro.

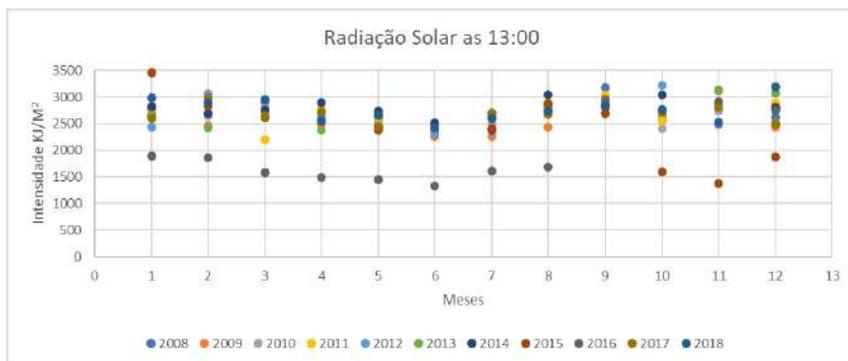
Figura 07 – Radiação Solar às 12h00min



Fonte: Estação Meteorológica de Jataí, INMET (2019)
Organização: Albuquerque (2019)

Na figura 08, estão contidos os valores da relação da variação dos índices de radiação solar em KJ/M^2 correspondentes ao horário das 13h00min, quando marcou uma média de $2611,1 \text{ KJ}/\text{M}^2$. É perceptível o declínio da intensidade de radiação de $59,1 \text{ KJ}/\text{M}^2$ em relação ao horário das 12h00min.

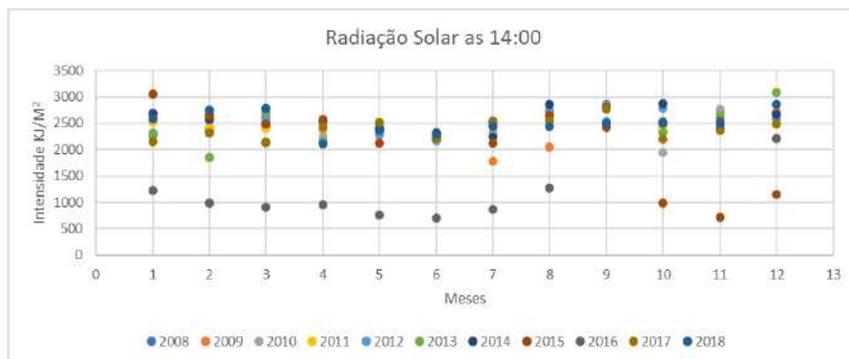
Figura 08 – Radiação Solar às 13h00min



Fonte: Estação Meteorológica de Jataí, INMET (2019)
Organização: Albuquerque (2019)

Na figura 09, estão contidos os valores da relação da variação dos índices de radiação solar em KJ/M^2 correspondentes ao horário das 14h00min, quando os valores de intensidade continuam reduzindo, obtendo valores médio de $2341,4 \text{ KJ}/\text{M}^2$ para o horário, com um declínio médio de $269,7 \text{ KJ}/\text{M}^2$ em relação ao horário das 13h00min.

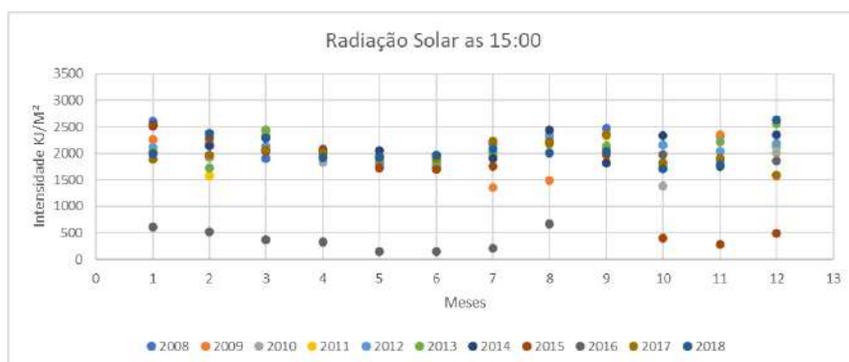
Figura 09 – Radiação Solar às 14h00min



Fonte: Estação Meteorológica de Jataí, INMET (2019)
Organização: Albuquerque (2019)

Na figura 10, estão contidos os valores da relação da variação dos índices de radiação solar em KJ/M^2 correspondentes ao horário das 15h00min, quando a média de radiação para o horário foi de $1896,5 \text{ KJ}/\text{M}^2$, com um declínio de $444,9 \text{ KJ}/\text{M}^2$ em relação ao horário das 14h00min. No ano de 2016, os valores de intensidade reduziram drasticamente.

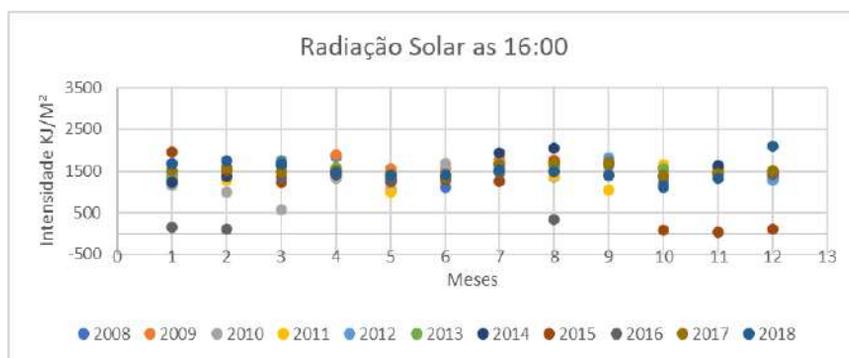
Figura 10 – Radiação Solar às 15h00min



Fonte: Estação Meteorológica de Jataí, INMET (2019)
Organização: Albuquerque (2019)

Na figura 11, estão contidos os valores da relação da variação dos índices de radiação solar em KJ/M^2 correspondentes ao horário das 16h00min. A média para o horário é de $1414,7 \text{ KJ}/\text{M}^2$, com uma redução de $481,8 \text{ KJ}/\text{M}^2$ referente ao horário das 15h00min. Manteve-se um ciclo de aquecimento máximo às 12h00min, resfriando nos horários seguintes.

Figura 11 – Radiação Solar às 16h00min



Fonte: Estação Meteorológica de Jataí, INMET (2019)
Organização: Albuquerque (2019)

Algumas das possíveis falhas podem ter relação com o banco de dados fornecido pelo INMET, que vem de modo bruto, ou seja, os dados não passaram por um processo de consistência, e ainda podem ser decorrentes de problemas nos sensores ou no sinal de satélite.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível concluir que, apesar de haver uma grande variação da radiação ao longo dos meses, não houve nenhuma alteração em grande escala, o que se deve, provavelmente, ao curto período de tempo analisado.

O ano de 2016 merece atenção, pois fugiu ao padrão de comportamento esperado, o que pode ter ocorrido devido a falhas no equipamento, banco de dados ou por influência do fenômeno El Niño e suas resultantes. Esse aspecto pode ser estudado mais detalhadamente em estudos futuros.

5. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Edital CAPES 071/2013 – Processo número 88881.068465/2014-01. Agradeço à equipe do Laboratório de Climatologia Geográfica, à minha orientadora Dr.^a Regina Maria Lopes, ao INMET, pelo fornecimento dos dados, ao Guilherme Sastre, pela ajuda com as planilhas e gráficos, ao professor Dr. Fabiano Lima, pelo auxílio e revisão literária e ao professor João Batista Pereira Cabral pelas correções.

6. LISTA DE SIGLAS

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia.

kJ/m^2 – Kilojoule por metro quadrado.

nm – Nanômetros.

7. REFERÊNCIAS

AL-SALAYMEH, A. Model for the prediction of global daily solar radiation on horizontal surfaces for Amman city. **Emirates Journal of Engineering Research**, n. 11, p. 49-56, 2006.

BORGES, V. P. *et al.* Avaliação de modelos de estimativa da radiação solar incidente em Cruz das Almas, Bahia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, UAEEA/UFCC, v. 14, n. 1, p. 74-80, 2010.

CARDOSO, A. F. Considerações sobre os fatores de risco para a ocorrência do câncer de pele no município de Montes Claros/MG. **Revista Tocantinense de Geografia Araguaína**, v. 8, n. 16, 2019.

COUTINHO, L. M. O conceito de cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 1, p. 17-23, 1978

GARCIA, A. G.; GUERRA, L. C.; HOOGENBOOM, G. Impact of generated solar radiation on simulated crop growth and yield. **Ecological Modelling**, n. 210, p. 312-326, 2008.

GALVÃO, L. O. *et al.* Considerações atuais sobre a vitamina D. **Brasília Médica**, v. 50, n. 4, p. 324-332, 2013.

HÄDER, D. P.; SINHA, R. P. Solar ultravioleta radiation-induced DNA damage in aquatic organisms: potential environmental impact. 2005. **Mutation Research**, n. 571, p. 221-233, 2005.

HOLICK, M. F. Biological effects of sunlight, ultraviolet radiation, visible light, infrared radiation and vitamin D for health. **Anticancer Research**, n. 36, 1345-1356, 2016.

LIM, H. W.; COOPER, K. The health impacts of solar radiation and prevention strategies. **Journal of American Academy of Dermatology**. 81-96, 1999.

MENDES, T. G. L. *et al.* Abordagem científica sobre ilhas de calor em Recife-PE. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 4, n. 1, p. 1-13, 2019.

BRASIL. Instituto Nacional de Meteorologia do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Panorama geral das condições meteorológicas e os principais eventos extremos significativos ocorridos no Brasil em 2016**. Brasília: INMET, 2016.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI. Sumário Executivo, 2013. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. Brasília: MCTI, 2013.

MONTEIRO, C. A. *et al.* Fenômeno ENOS e sua influência na radiação solar média em superfície no verão relacionada à nebulosidade na região do Pantanal. *In*: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 7., 2018, Jardim. **Anais eletrônicos** [...] São José dos Campos: INPE, 2018. 601-607 p. Disponível em: <https://www.geopantanal.cnptia.embrapa.br/Anais-Geopantanal/pdfs/p87.pdf>. Acesso em: 3 mar. 2020.

PACHECO, A. A.; NEVES, A. C. O.; FERNANDES, G. W. Uneven conservation efforts compromise Brazil to meet the Target 11 of Convention on Biological Diversity. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 16, n. 1, p. 43–48, 2018.

CAPÍTULO 08

VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DAS PRECIPITAÇÕES PLUVIAS ANUAIS DO VALE DO RIBEIRA DE IGUAPE/SP

*Valéria Machado Emiliano
Emerson Galvani*

Resumo

Neste trabalho, teve-se por objetivo realizar uma análise temporal e espacial da precipitação pluviométrica do Vale do Ribeira de Iguape, localizado no sul do estado de São Paulo. Para tal, analisaram-se dados a partir de 1970 até 2017 de 18 postos pluviométricos distribuídos pelo alto, médio e baixo Ribeira e 12 postos fora dos limites da bacia de drenagem. Na análise temporal, os dados foram trabalhados com estatística descritiva em escala anual. Para a espacialização dos dados anuais de precipitação, utilizou-se o método de interpolação *krigagem* por meio do *Software* ArcGIS 10.3. Dessa forma, foi possível considerar que o efeito orográfico da região influencia nas precipitações da área, tendo em vista que, ao se realizar a espacialização dos dados de chuvas, observou-se que os maiores totais de pluviométricos estão localizados, sobretudo, nas proximidades da Serra do Mar e próximos ao oceano, e os menores totais estão a sota-vento dos pontos de maior elevação. Os valores médios anuais para todos os postos pluviométricos indicam uma precipitação média de 1692,1 mm na área de estudo. Esse tipo de análise espacial e temporal da precipitação pluviométrica em uma região possibilita compreender sua dinâmica climática, pois auxilia na identificação dos períodos mais chuvosos e suas relações com o espaço geográfico.

Palavras-chave

Distribuição pluvial. Espaço tempo. Rio Ribeira do Iguape.

1. INTRODUÇÃO

A precipitação é um dos elementos mais importante do clima, pois provoca grande impacto no espaço geográfico, relacionando-se com muitos setores da sociedade, como abastecimento humano, recarga dos aquíferos, desenvolvimento da agricultura e agropecuária. Correa e Galvani (2017) destaca que a precipitação é um elemento importante na compreensão do clima em escala regional e pode ser considerado o principal elemento na análise e organização do planejamento territorial e ambiental.

A chuva é a entrada efetiva de água no ciclo hidrológico, e sua distribuição espaço-temporal, de forma conjunta com fatores como uso e tipo de solo, condicionam a resposta hidrológica da bacia. Por isso, estudar a distribuição espacial das chuvas é fundamental para a gestão dos recursos hídricos (VIOLA *et al.*, 2010). Para Galvani e Lima (2012), além da distribuição regional da precipitação pluviométrica, deve-se considerar a distribuição temporal, pois o planejamento de atividades agrícolas e econômicas de determinada região pode depender da distribuição sazonal das chuvas. Rossato (2011) destaca que conhecer a caracterização da variabilidade anual das chuvas se torna importante, já que fornece um panorama geral da distribuição da precipitação e destaca anos que se apresentam muito chuvosos ou muitos secos no conjunto de estações meteorológicas.

A importância do estudo da precipitação está relacionada com a disponibilidade hídrica, a produtividade agrícola e também a determinação de particularidades locais. O conhecimento da variabilidade espacial e temporal se faz necessário para o planejamento e desenvolvimento de diversas atividades antrópicas (SILVA; REBOITA, 2013).

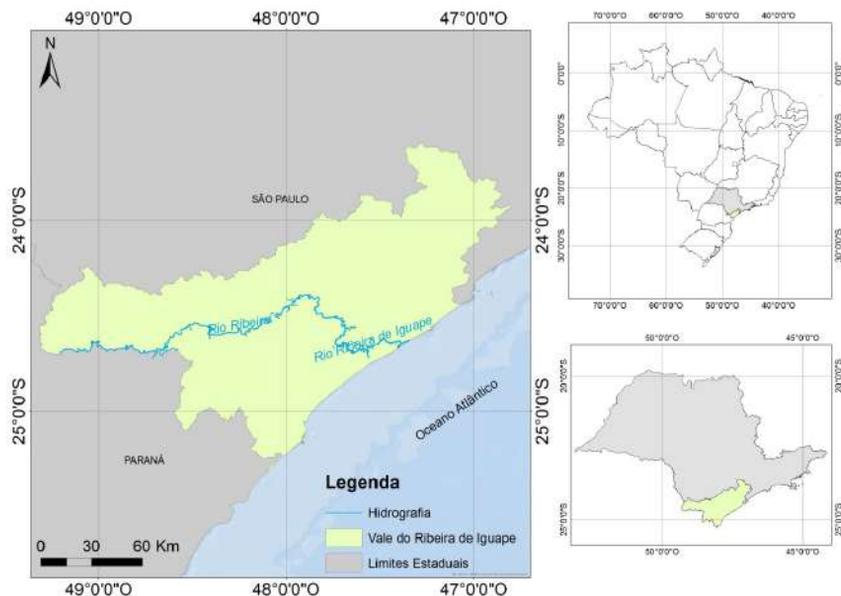
A bacia hidrográfica do rio Ribeira do Iguape, localizada no sul do estado de São Paulo e norte do Paraná, apresenta áreas de Unidades de Conservação de proteção integral e de uso sustentável. Destaca-se no cenário nacional pela riqueza de recursos

minerais e por ser a região que conserva o maior remanescente contínuo de mata atlântica. Além disso, a extensa planície fluvial é palco de eventos de inundações, pois parte das áreas ocupadas são urbanizadas e o médio e baixo ribeira são as áreas que mais sofrem com esses eventos de cheia em todo vale (ROSS, 2002). Sendo assim, esta pesquisa apresenta a variabilidade espacial e temporal das precipitações do vale do Ribeira de Iguape, área da bacia hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape que está localizada dentro do Estado de São Paulo.

2. ÁREA DE ESTUDO

O vale do Ribeira de Iguape é a área da bacia hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape localizada dentro do Estado de São Paulo (Figura 1), entre as coordenadas de latitude 23° 50' e 25° 30' S e longitude 46° 50' e 50° 00' W com uma área de 14.640 km². Abrangendo 23 municípios, entre eles: Apiaí, Barra do Chapéu, Barra do Turvo, Cajatí, Cananéia, Eldorado, Iguape, Ilha Comprida, Iporanga, Itaóca, Itapirapuã Paulista, Itariri, Jacupiranga, Juquiá, Juquitiba, Miracatu, Pariquera-Açú, Pedro de Toledo, Registro, Ribeira, São Lourenço da Serra, Sete Barras e Tapiraí.

Figura 01 – Mapa de Localização



Fonte: SIGRB (2018); IBGE (2018). Emiliano (2018)

A região constitui uma área geologicamente complexa, há formações cristalinas mais antigas e grandes extensões de sedimentos mais recentes (PETRONE, 1965). Ross (2002), em sua análise geomorfológica da Bacia do rio Ribeira de Iguape, conclui que o relevo da bacia do rio Ribeira do Iguape apresenta macro compartimentos geomorfológicos muito distintos, que correspondem aos morros da superfície de cimeira regional, os morros fortemente dissecados dos níveis intermediários da Serra do Mar, as terras da depressão tectônica do baixo Ribeira e a planície costeira marinha e fluvial.

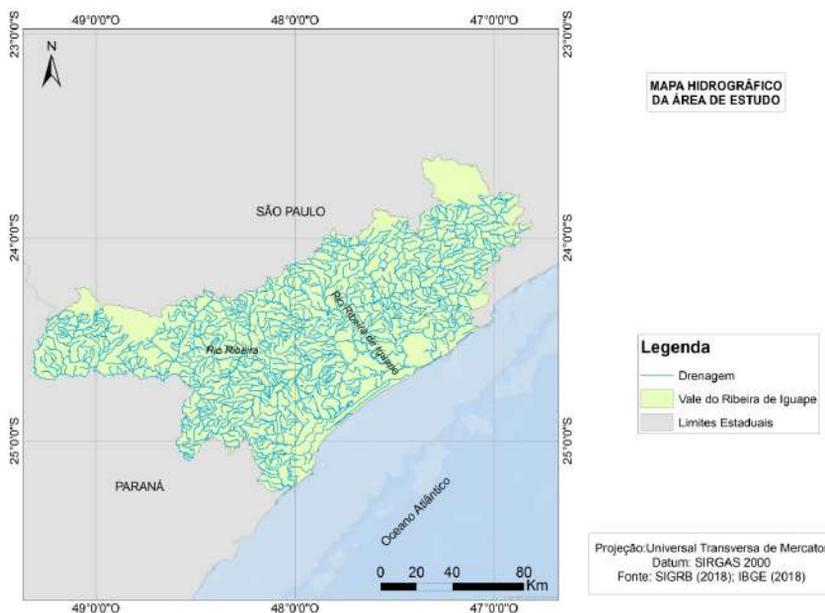
Almeida (1964) realiza a divisão geomorfológica do vale do Ribeira de Iguape em duas zonas e duas subzonas, na zona Serrana Costeira, que abrange as subzonas Serra do Mar e Serra do Parapiacaba e na zona das Baixadas litorâneas.

A divisão da área da bacia se caracteriza em Alto, Médio e Baixo Ribeira. No trabalho de Diegues (2007), é retratada a grande diversidade ecológica e cultural existente no Vale do Ribeira e no litoral paulista. Na diversidade ecológica, o autor refere que o Alto Ribeira é marcado pela presença da Serra do Mar, apresentando uma paisagem montanhosa e florestada, por onde passa o Rio Ribeira, em cujas margens situam-se cidades e municípios como Iporanga, Apiaí, Ribeira, Itaoca. A região do Médio Ribeira é marcada pela presença do rio que recebe vários afluentes, como o Juquiá, o Jacupiranga e onde se situam cidades como Eldorado, Sete Barras, Juquiá, Jacupiranga e Registro. Já na região do Baixo Ribeira, as terras são mais planas e inundáveis, onde o rio desce em meandros até desembocar na região litorânea próxima a Iguape (Figura 02).

Ross e Moroz (1997) assinalam que a drenagem apresenta um padrão dendrítico e com setores retilíneos, o que indica a forte influência de direções de fraturamentos importantes. A rede de drenagem, em parte, ocorre sobre planícies fluviais de fundos planos, demonstrando que se trata de vales fluviais afogados.

Segundo Maack (1950), o rio Ribeira de Iguape tem sua nascente no estado do Paraná, o que ele denomina de Primeiro Planalto Paranaense, tem todo o eixo de sua bacia orientado grossieramente na direção NE-SO, sofrendo, entretanto, em seu baixo curso, uma inflexão brusca para SE após receber as águas de seu afluente principal de margem esquerda, o rio Juquiá. A partir desse ponto, atinge o oceano na extremidade norte da Ilha Comprida, nas proximidades da Ilha de Iguape.

Figura 02 – Mapa da Rede Hidrográfica da área de estudo.



Fonte: SIGRB (2018); IBGE (2018). Emiliano (2018)

Monteiro (1973) classifica o clima da área como Clima Meridional Permanentemente Úmido, em que a atuação de massas polares sobrepõe a atuação das massas tropicais. A Classificação climática Köppen caracteriza o clima da área com mais detalhes, Af (tropical úmido); Aw (tropical com estação seca de inverno); Am (clima de monção); Cfa (clima temperado úmido com verão quente); Cwa (clima temperado úmido com inverno seco e verão quente) e Cfb (clima temperado úmido com verão temperado).

Gutjahr (1993) em seu estudo de caracterização climática, realizou uma análise sistemática da precipitação da bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape e concluiu que os dez anos de precipitações analisados em seu estudo não permitiram perceber qualquer regularidade ou periodicidade na ocorrência de anos mais chuvosos ou menos chuvosos, sendo essa irregularidade de oscilações uma das características do clima da área.

Ross (2006) apresenta características do uso da terra na região do Vale do Ribeira e refere que a ocupação do vale é bastante antiga. Os dois núcleos urbanos mais tradicionais da região, Iguape e Cananéia, datam do início da colonização do País, no século XVI, e foram importantes sítios para ancoradouros no caminho do Prata. A incorporação da região no contexto global do sistema capitalista ocorreu de forma lenta, a produção de banana em moldes mercantis deu-se na década de 1920, a cultura de chá foi desenvolvida pelos imigrantes japoneses. Nas últimas décadas, os arrozais tradicionais cederam lugar à bananicultura nas áreas planas ribeirinhas e, naquelas de influência japonesa, boa parte das colinas foi ocupada pela teicultura. Assim, os dois principais cultivos da ocupação agrícola no vale do Ribeira são a bananicultura e a teicultura.

Outra atividade de grande destaque é o turismo, tendo em vista os grandes potenciais paisagísticos e históricos cultural presente. Nos últimos anos, a região lagunar de Iguape e Cananéia esta sendo objeto de intensa atividade do comércio imobiliário com fins de lazer e turismo, tendo em vista que a região é a maior área do Brasil com preservação da Mata Atlântica e isso pode colocar em risco os núcleos tradicionais de pescadores agricultores e extrativistas que sobrevivem com técnicas rudimentares de produção, além do risco ao ambiente natural. Porém, ao mesmo tempo em que o turista põe em risco, ele ajuda o pescador a sobreviver. Na região, as populações tradicionais que se destacam são os caboclos, índios e quilombolas.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para este trabalho, foram utilizados dados de precipitações mensais de 1970 a 2017, obtidos a partir do Banco de Dados Hidrológicos do Departamento de Água e Energia Elétrica (DAEE) (<http://www.hidrologia.dae.sp.gov.br/>). São 48 anos de dados de

18 postos diferentes dentro da área da bacia do Vale do Ribeira no Estado de São Paulo e mais 12 postos pluviométricos extra bacia que auxiliaram e deram maior confiabilidade na geoestatística (Figura 03 e Tabela 01).

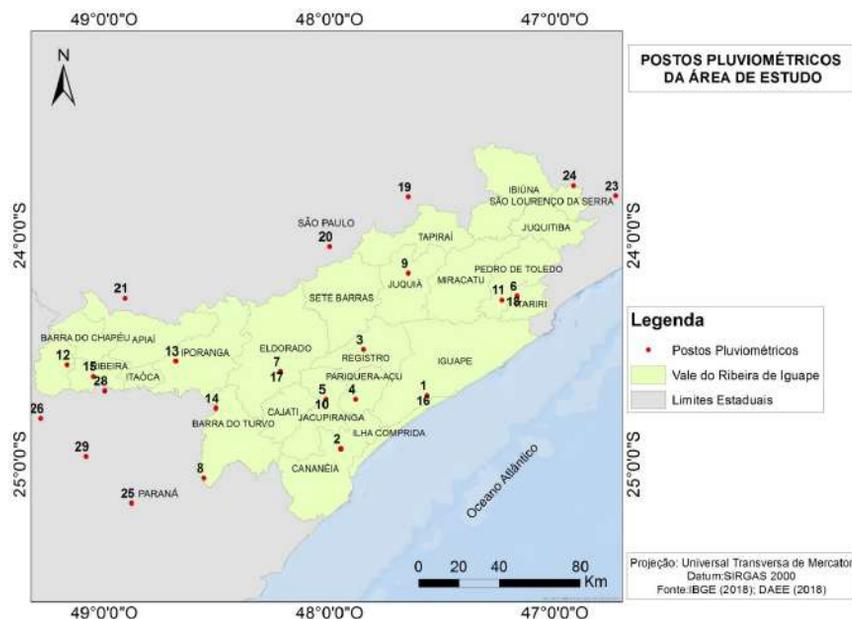
Tabela 01 – Postos pluviométricos localizados na bacia hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape (SP) e extra bacia

POSTOS PLUVIOMÉTRICOS DENTRO DA BACIA DO RIO RIBEIRA DE IGUAPE- SP		Código do Posto	Município	Nome do Posto	Altitude	Latitude	Longitude
	1	F4-028	Iguape	Iguape	3 m	24° 42' 00" S	47° 34' 00" W
	2	F4-029	Cananeia	Itapitangui	7 m	24° 56' 00" S	47° 57' 00" W
	3	F4-005	Registro	Registro	20 m	24° 30' 00" S	47° 51' 00" W
	4	F4-016	Pariquera- Açu	Pariquera-Açu	30 m	24° 43' 00" S	47° 53' 00" W
	5	F4-007	Juquiá	Capela do Porto	40 m	24° 10' 00" S	47° 39' 00" W
	6	F5-013	Eldorado	Itapeuna	40 m	24° 35' 46" S	48° 13' 03" W
	7	F4-006	Itariri	Guanhanha	50 m	24° 16' 00" S	47° 10' 00" W
	8	F5-028	Cajati	Serrana do Sul	50 m	24° 43' 00" S	48° 07' 00" W
	9	F4-019	Pedro de Toledo	Pedro de Toledo	60 m	24° 17' 00" S	47° 14' 00" W
	10	F4-017	Jucupiranga	Jucupiranga	90 m	24° 43' 00" S	48° 01' 00" W
	11	F5-033	Barra do Turvo	Barra do Turvo	160 m	24° 45' 22" S	48° 30' 19" W
	12	F6-012	Ribeira	Catas Altas	180 m	24° 37' 00" S	49° 03' 00" W
	13	F5-042	Iporanga	Serra dos Motas	240 m	24° 33' 00" S	48° 41' 00" W
	14	F6-007	Itapiripua Paulista	Itapiripua	580 m	24° 34' 00" S	49° 10' 00" W
	15	F5-022	Barra do turvo	Rio Pardinho	600 m	25° 03' 39" S	48° 33' 30" W
	16	E4-116	Ibiúna	Cachoeira do Franca	660 m	23° 57' 00" S	47° 13' 00" W
	17	F5-019	Apiaí	Apiaí	800 m	24° 30' 18" S	48° 50' 51" W
18	E4-055	Tapiraí	Tapiraí	870 m	23° 58' 00" S	47° 30' 00" W	

POSTOS EXTRA-BACIA	19	E4-028	Pilar do Sul	Usina Batista	710 m	23° 50' 00" S	47° 39' 00" W
	20	F4-031	São Miguel Ar- canjo	Taquaral	770 m	24° 03' 00" S	48° 00' 00" W
	21	F5-039	Ribeirão Branco	Pinara	900 m	24° 16' 32" S	48° 54' 31" W
	22	E3-035	São Paulo	Observatório do IAC	780 m	23° 39' 00" S	46° 38' 00" W
	23	E3-243	São Paulo	Parelheiros	780 m	23° 49' 44" S	46° 43' 42" W
	24	E3-014	Itapecerica da Serra	Aldeinha	860 m	23° 47' 00" S	46° 55' 00" W
	25	2548001	Campina Grande do Sul	Praia Grande	750 m	25° 10' 11" S	48° 52' 46" W
	26	2449006	Cerro Azul	Balsa do Cerro Azul	270 m	24° 48' 00" S	49° 16' 59" W
	27	2449020	Rio Branco do Sul	Costas	480 m	25° 00' 37" S	49° 20' 27" W
	28	2449000	Adriánópolis	Capela da Ribeira	180 m	24° 40' 48" S	49° 00' 00" W
	29	2449024	Tunas do Paraná	Tunas	880 m	24° 58' 00" S	49° 04' 59" W
	30	2449007	Doutor Ulysses	Turvo	400 m	24° 45' 00" S	49° 19' 59" W

Fonte: DAEE (2018); ANA (2018). Emiliano (2018)

Figura 03 – Mapa dos Postos Pluviométricos utilizados na área de estudo



Fonte: IBGE (2018); DAEE (2018); ANA (2018). Emiliano (2018)

Os dados de precipitação foram organizados em planilhas eletrônicas (*Software Excel – Microsoft Inc*) em totais anuais. Observou-se que, em todos os postos pluviométricos, havia existência de algumas falhas nos dados. “A existência de falhas nas séries históricas se deve, basicamente, à ausência do observador, falhas nos mecanismos de registro, perda das anotações ou das transcrições dos registros pelos operadores e encerramento das observações, entretanto, como existe a necessidade de se trabalhar com séries contínuas, essas falhas necessitam ser preenchidas” (STRECK *et al.*, 2009; BERTONI; TUCCI, 2007 apud OLIVEIRA *et al.*, 2010, p. 1187). Sendo assim, realizou-se o preenchimento das falhas a partir da média aritmética. Para efetuar esse preenchimento, utilizou-se a média mensal dos 48 anos do mês que estivesse com a falha, adotando o mesmo critério para todos os postos.

Posteriormente, aplicaram-se alguns cálculos da estatística descritivas, na escala de análise anuais, que auxiliaram na identificação da variabilidade temporal das precipitações. São eles:

- A média dos totais anuais;
- O desvio padrão, que, segundo Galvani (2011), é uma forma de eliminar o problema de interpretação da variância da amostra e extrair sua raiz quadrada;
- O Coeficiente de variação, que é a medida da razão (em porcentagem) entre o desvio padrão e a média aritmética. Esse coeficiente dá uma ideia da regularidade ou homogeneidade das amostras que estão sendo estudadas;
- As precipitações máximas, mínimas e sua amplitude (que é dada pela diferença do valor máximo e mínimo de pluviosidade).

Na realização da espacialização dos dados, utilizou-se o método de interpolação denominado *krigagem*. Esse procedimento expressa a variabilidade espacial das chuvas no Vale do Ribeira de Iguape por meio do *Software* de SIG, *ARCGis 10.3*, que gerou as isoietas pelo método de interpolação geoestatística *krigagem* ordinária, cujo modelo de semiovariograma utilizado foi o esférico.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

O Vale do Ribeira de Iguape apresenta uma média anual de 1692,1 mm. Na série histórica analisada (1970-2017), o ano mais chuvoso foi o de 1983, com um total de 3260,5 mm, e o ano menos chuvoso foi o de 2002, com um total de 734,2 mm de chuvas, ou seja, o ano mais seco de toda série choveu 77 % a menos do que o ano mais chuvoso (2526,3 mm de amplitude) (Tabela 02).

Tabela 02 – Estatística descritiva para precipitação média no período de 1970-2017 para o Vale do Ribeira de Iguape

Período	Média (mm)	D.P. (mm)	C.V. (%)	Máxima (mm)	Mínima (mm)	Amplitude (mm)
1970-2017	1692,1	219,59	13	3260,5 (1983)	734,2 (2002)	2526,3

Legenda: D.P.: Desvio Padrão, C.V.: Coeficiente de Variação
Fonte: DAEE (2018), Emiliano (2018)

Segundo Cavalcanti (1984), entre os anos de 1982 e 1983, ocorreu um episódio intenso de El Niño/Oscilação Sul (ENOS), que ocasionou chuvas acima da média nas regiões sul e sudeste do país.

O mês com maior média da série histórica registrada da área de estudo é janeiro, com 263,1 mm de chuvas; o mês com a menor média registrada é agosto, com 65,1 mm de chuvas (Tabela 03). Na análise mensal das precipitações os coeficientes de variação se mostram baixos, sendo os maiores em abril, com 27 %; em março; com 23 %; em novembro, com 18 %. Os menores se deram em setembro, com 10 %; em janeiro, com 12 %; em julho, com 13 %. Sendo assim, fica evidente a homogeneidade dos dados, que não oscilam muito acima da média.

Tabela 03 – Estatística descritiva para a precipitação média mensal para o Vale do Ribeira de Iguape

Período	Média (mm)	D.P. (mm)	C.V. (%)	Máxima (mm)	Mínima (mm)	Amplitude (mm)
Janeiro	263,1	30,8	12	353,4	196,7	156,7
Fevereiro	215,7	33,1	15	298,4	141,6	156,9
Março	197,2	45,6	23	315,2	107,2	208,0
Abril	106,9	29,0	27	190,4	66,9	123,5
Maiο	98,4	15,1	15	140,5	80,9	29,6
Junho	87,5	10,5	12	119,4	74,0	45,4
Julho	86,3	11,4	13	118,4	66,2	52,2
Agosto	65,1	8,7	13	83,4	47,2	36,3
Setembro	114,5	12,0	10	138,9	94,8	44,2
Outubro	130,3	16,5	13	170,5	107,3	63,2
Novembro	131,9	24,1	18	193,0	106,0	87,0
Dezembro	186,0	25,9	14	250,9	145,9	105,1

Legenda: D.P.: Desvio Padrão, C.V.: Coeficiente de Variação

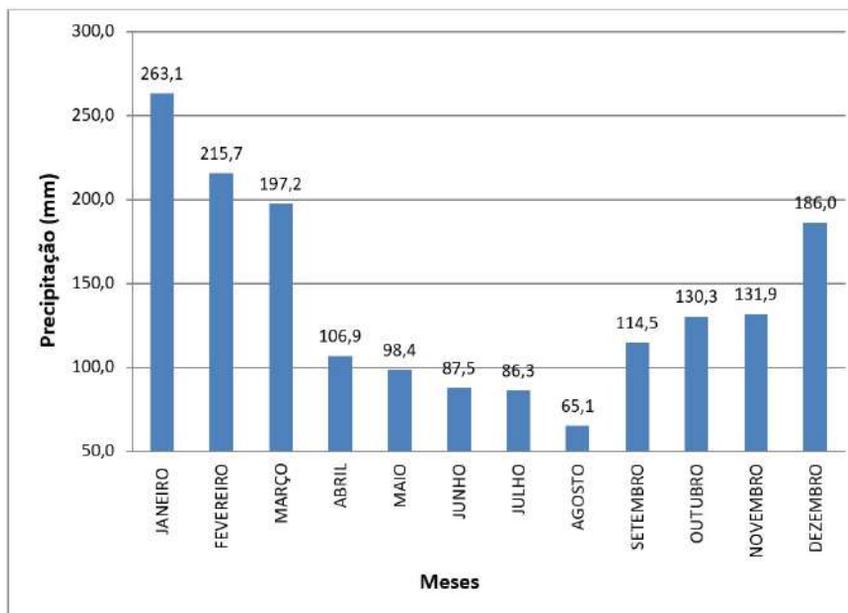
Fonte: DAEE (2018). Emiliano (2018)

Ao analisar a figura 04, verifica-se que as precipitações na região apresentam elevada variabilidade temporal com a definição de um período mais chuvoso, em especial de setembro a março, e outro menos chuvoso, de abril a agosto. Os meses de janeiro, fevereiro, março e dezembro se destacam como os meses com maior precipitação. Já os meses de maio, junho, julho e agosto se destacam como meses secos, devido ao baixo volume de precipitação que ocorre nessa época do ano.

Sant'Anna Neto (1994) destaca que uma das características mais marcantes dos climas tropicais é que a sazonalidade anual se caracteriza mais pela concentração pluvial do que pela variação térmica e essa tropicalidade apresenta uma estação seca e uma estação chuvosa bem marcante. Sendo assim, Nimer (1979) refere que o máximo pluviométrico da região se dá no solstício

de verão, enquanto que o mínimo de precipitação verifica-se no solstício de inverno.

Figura 04 – Gráfico da média mensal da série histórica de precipitação para o Vale do Ribeira de Iguape



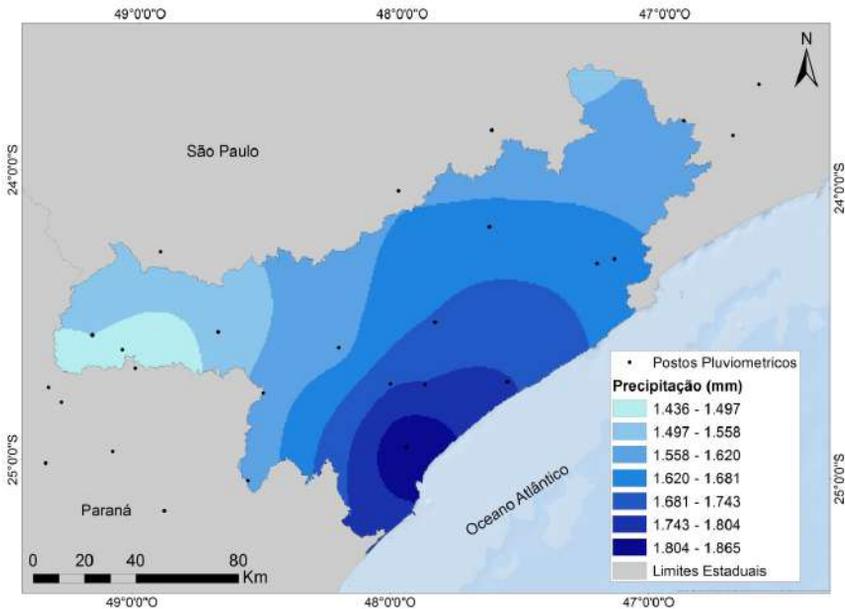
Fonte: DAEE (2018). Emiliano (2018)

Analisando a espacialização da média anual de precipitação, entre os anos de 1970 e 2017, do vale do Ribeira (Figura 05), percebem-se algumas áreas distintas em relação ao volume anual da pluviosidade. As menores médias anuais estão entre 1436 e 1497 mm, próximas dos municípios de Apiaí, Ribeira, Itaoca e Iporanga, que estão dentro da área geomorfológica da Serra do Paranapiacaba e que estão a sotavento em direção da circulação atmosférica, fazendo com que as precipitações sejam mais amenas que nas outras áreas.

As maiores médias anuais estão entre 1804 e 1865 mm e estão localizadas principalmente mais ao sul da região, próximas à faixa litorânea, nos municípios de Cananeia e Iguape, que estão

dentro do compartimento geomorfológico da baixada litorânea. Segundo Gutjahr (1994), esses maiores valores pluviométricos acontecem em razão da circulação atmosférica, principalmente a atuação da Frente Polar que responde por cerca de 80 % das precipitações. Outra área com elevado índice de precipitação fica próxima ao município de Jucituba e Tapirai, onde essas chuvas estão associadas à orientação do relevo da Serra do Paranapiacaba que está a barlavento da circulação atmosférica, destacando, assim, as chuvas orográficas.

Figura 05 – Mapa de espacialização das precipitações anuais de 1970 a 2017 do Vale do Ribeira de Iguape



Fonte: DAEE (2018); IBGE (2018); ANA (2018); SIGRB (2018). Emiliano (2018)

Analisando o mapa, fica bem claro que a distribuição das chuvas no Vale do Ribeira de Iguape abrange o efeito orográfico e a influência marítima. Sant'Anna Neto (1994) explica que as chuvas nas faixas litorâneas do Sudeste brasileiro são abundantes, tendo

em vista que são margeadas por serras elevadas (em torno dos 1000 metros), que recebem ventos úmidos do oceano e, pelo efeito orográfico, incrementam as chuvas locais. Ultrapassada esta barreira costeira, as precipitações diminuem gradativamente, na direção leste/oeste.

Além disso, a área possui caracterização climática diferente, segundo Dubreuil *et al.* (2018), que aplica a classificação de Köppen para a região, há o tipo Af, tropical úmido sem estação seca, que cobre de 2 % a 5 % da bacia; o tipo Aw, tropical úmido, com inverno seco representa 5 % a 10 % da área; o Am clima quente de monção representa de 20 % a 50 % da área; o tipo Cfa, subtropical úmido com verão quente, que, por sua vez, cobre de 20 % a 50 % da bacia; o tipo Cwa clima temperado com 10 % da área, e os restantes, de 2 % a 5 %, são do tipo Cfb, subtropical úmido com verão fresco. Este último abrange as encostas das serras que incluem as áreas do norte e oeste da região.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para se analisar a distribuição das chuvas na área, foi preciso levar em conta diversos fatores devido à posição geográfica da área de estudo, como a posição transicional entre os domínios climáticos diferentes, tropical quente e úmido, a posição exposta à influência oceânica, sujeita aos efeitos da circulação do Atlântico, a extensão considerável da área localizada em planície litorânea enquanto o restante encontra-se em vertentes íngremes e, por fim, a orientação e exposição do relevo aos sistemas atmosféricos que interferem no mecanismo local das chuvas.

Analisando a variabilidade espacial e temporal das precipitações da área de estudo, observa-se que há uma grande variabilidade em que as médias anuais variam entre 1436 a 1865 mm. As regiões onde foram encontradas as maiores médias foram próximas à foz do Rio Ribeira de Iguape, já as menores médias se

encontram próximas à nascente do rio, nos municípios de Apiaí, Ribeira, Itaoca e Iporanga. A variabilidade temporal destacou um período chuvoso e um período seco, o período chuvoso correspondente aos meses de janeiro, fevereiro, março e dezembro e o período seco nos meses de maio, junho, julho e agosto. Esses resultados evidenciam as características do clima tropical que apresenta uma estação seca e uma estação chuvosa bem marcante.

Durante o processo de organização dos dados pluviiais, observou-se que a série analisada apresenta anos com variabilidade pluviométrica, havendo períodos que se destacaram durante a série, devido a comportamentos díspares registrados. Por conseguinte, fica claro que, para melhor entendimento das condições climáticas da região, é necessário analisar as precipitações e os eventos extremos na intenção de verificar se a intensidade desses eventos e sua recorrência podem ser consideradas como evidência de mudanças climáticas.

6. AGRADECIMENTOS

Ao Programa Nacional de Cooperação Acadêmica da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – N° Processo: 88881.068465/2014/01 – Projeto n° 071/2013 CAPES/PROCAD e a FAPESP pelo apoio e a concessão de bolsa de Iniciação Científica para que este trabalho se realizasse N° Processo: 2018/11775-7.

7. LISTA DE SIGLAS

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

DAEE – Departamento de Água e Energia Elétrica.

8. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. F. M. de. Os fundamentos geológicos do relevo paulista. **Boletim 41**. Rio de Janeiro: DNPM/DGM, 1964.

CAVALCANTI, I. F. A. **Episódios El Niño/Oscilação Sul durante a década de 1986 a 1996 e suas influência sobre o Brasil**. Cachoeira Paulista: CPTEC/INPE, 1984.

CORREA, M. C. G.; GALVANI, E. Análise estatística da variabilidade da precipitação pluviométrica para a bacia hidrográfica do rio Piquiri – PR. **Boletim Paulista de Geografia**, v. 96, p. 1-10, 2017.

DIEGUES, A. C. **O Vale do Ribeira e litoral de São Paulo**: meio-ambiente, história e população. São Paulo: CENPEC, 2007.

DUBREUIL, V. *et al.* Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. **CONFINS (PARIS)**, v. 37, p. 1-40, 2018.

GALVANI, E. Estatística descritiva em sala de aula. *In*: VENTURI, L. A. B. **Geografia: práticas de campo, laboratório e sala de aula**. São Paulo: Sarandí, 2011.

GALVANI, E.; LIMA, N. G. B. de (org.). **Climatologia aplicada**: resgate aos estudos caso. Curitiba: CRV, 2012. v. 1. 192 p.

GUTJAHR, M. R. **Critérios Relacionados a Compartimentação Climática de Bacias Hidrográficas**: a Bacia do Rio Ribeira de Iguape. 1993. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1993.

MAACK, R. **O clima e a Geomorfologia**. Geografia física do estado do Paraná. Curitiba: [s.n.], 1950.

MONTEIRO, C. A. F. **A dinâmica climática e as chuvas do estado de São Paulo**: estudo em forma de atlas. São Paulo: IGEOG/USP, 1973.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: SUPREN, 1979. (Recursos Naturais e Meio Ambiente, 4).

OLIVEIRA, L. F. C. *et al.* Comparação de metodologias de preenchimento de falhas de séries históricas de precipitação pluvial anual. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 11, p. 1186-1192, ago. 2010.

PETRONE, P. Povoamento e caminhos no século XVIII e primeira metade do século XIX. *In: A Baixada Santista: aspectos geográficos.* [S.l.: s.n.], 1965.

ROSSATO, M. S. **Os climas do Rio Grande do Sul:** variabilidade, tendências e tipologia. 2011. 253 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

ROSS, J. L. S. A morfogênese da bacia do rio Ribeira de Iguape e os sistemas ambientais. **Revista GEOUSP:** Espaço e Tempo, n. 12. São Paulo, p. 21-26, 2002.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil:** subsídios para planejamento ambiental. São Paulo: Oficina de Texto, 2006.

SANT'ANNA NETO, J. Dinâmica Atmosférica e caráter transicional do clima na Zona Costeira Paulista. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 8, p. 35-49, 1994.

SILVA, E. D.; REBOITA, M. S. Estudo da precipitação no estado de Minas Gerais – MG. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 13, p. 120-136, 2013.

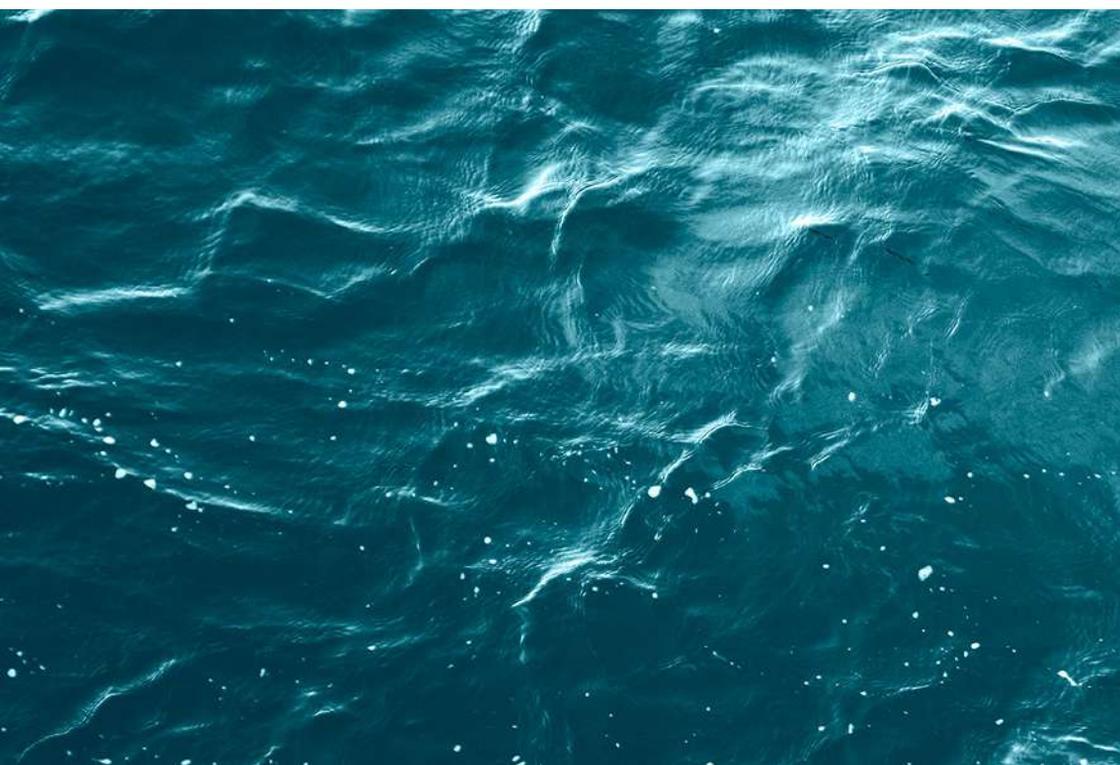
VIOLA, M. R. *et al.* Métodos de interpolação espacial para o mapeamento da precipitação pluvial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 970-978, 2010.



SEGUNDA PARTE **limnologia**

lim-
nologia-





CAPÍTULO 09

DINÂMICA ESPAÇO-SAZONAL DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE DA ÁGUA EM UM RESERVATÓRIO SUBTROPICAL A PARTIR DE DADOS LANDSAT

*Giseli Kramer
Waterloo Pereira Filho
Rafael Dezordi
Marcos Augusto Gomes dos Santos*

Resumo

A variabilidade das condições térmicas em reservatórios artificiais é um bom indicador para entender o curso de seus processos metabólicos e, por isso, a importância de identificar seus valores e distribuição espaço-temporal. Diante dessa constatação, no presente trabalho, identificaram-se e avaliaram-se as diferenças da variabilidade espaço-sazonal da temperatura de superfície da água (TSA) do reservatório Passo Real, situado no alto curso do rio Jacuí, região sul do Brasil. Inicialmente, identificaram-se a dinâmica espaço-sazonal e as diferenças da TSA a partir de imagens do Thermal Infrared Sensor – TIRS. Complementarmente à análise, utilizaram-se dados de temperatura do ar, análise de espectros de reflectância da imagem, informações sobre precipitação antecedente e tempo de residência da água no reservatório Passo Real. Assim, observaram-se temperaturas maiores no verão e na primavera e menores no inverno e no outono. Ainda, diferenças da TSA com 7 °C superiores à média registrada propiciaram a identificação de organismos fitoplanctônicos no reservatório de Passo Real. Espectros de reflectância e trabalhos de campo confirmaram tal constatação. Diante desses resultados, pode-se afirmar que a dinâmica espaço-sazonal da temperatura de superfície da água no reservatório revelou variações relacionadas com episódios de florações algais. Assim, a utilização do TIRS para quantificar a temperatura de superfície da água é uma forma alternativa para monitorar a variabilidade espaço-sazonal e pode revelar alterações metabólicas.

Palavras-chave

Landsat. Infravermelho termal. Plumais termais. Reservatório.

1. INTRODUÇÃO

A temperatura da água é uma das variáveis mais significativas nos estudos limnológicos de reservatórios e também apresenta influência expressiva no desenvolvimento e na distribuição de organismos aquáticos. Normalmente, é difícil de quantificá-la porque o dado ocorre de forma contínua no espaço e no tempo, limitando medições extensas (HANDCOCK *et al.*, 2012; VATLAND; GRESSWELL; POOLE, 2015) e em locais de difícil acesso (CHERKAUER *et al.*, 2005).

Pesquisas que buscam otimizar essa quantificação têm demonstrado claramente que a utilização de imagens de satélite que exploram o Infravermelho Termal é uma alternativa capaz de estimar a Temperatura de Superfície da Água (TSA) de rios, lagos e reservatórios (HANDCOCK *et al.*, 2006; CRISTEA; BURGESS, 2009; TONOLLA *et al.*, 2010; WAWRZYNIAK; PIEGAY; POIREL, 2011; HANDCOCK *et al.*, 2012; KUENZER; DECH, 2013; LAMARO *et al.*, 2013; LING *et al.*, 2017).

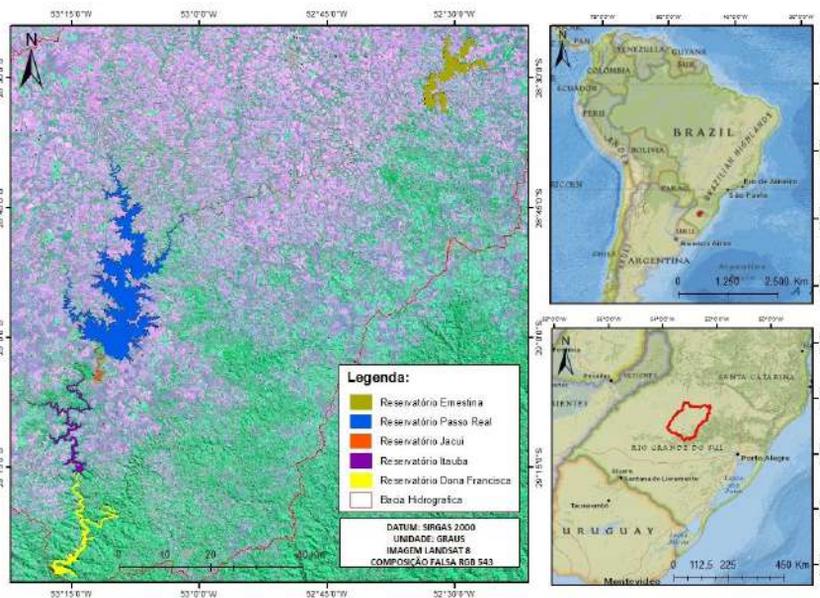
Além disso, a diferença nas estimativas da TSA de corpos d'água do satélite Landsat pode ser mais informativa do que a temperatura absoluta da água (LING *et al.*, 2017). A partir dessa afirmação e sabendo que a água exige maior quantidade de energia para aumentar a sua temperatura, logo, maior capacidade térmica que a vegetação e o solo (JENSEN, 2009), pode-se inferir que a identificação de plumas na água de reservatórios com temperaturas que destoam da média geral sugerem a ocorrência de anomalias no metabolismo aquático.

Nesse sentido, neste estudo foram identificadas e avaliadas as diferenças da variabilidade espaço-sazonal da temperatura de superfície da água associadas a alterações metabólicas no reservatório Passo Real, localizado no alto curso do rio Jacuí, região sul do Brasil.

2. ÁREA DE ESTUDO

No alto curso da Bacia Hidrográfica do Rio Jacuí, região sul do Brasil, foi construída uma série de reservatórios em cascata para o aproveitamento hidrelétrico, a citar: Ernestina, Passo Real, Jacuí, Itaúba e Dona Francisca. O reservatório Passo Real, objeto de estudo deste trabalho, destaca-se com a maior área (204,22 Km²) e volume (3,671 km³) (WACHHOLZ, 2011) (Figura 01).

Figura 01 – Reservatórios da Bacia Hidrográfica do Rio Jacuí



Fonte: Base cartográfica extraída do Instituto Brasileiro de Geografia e estatística (IBGE, 2016) e imagem de satélite Landsat 8, sensor *Operational Land Imager (OLI)*, disponível em *United States Geological Survey (USGS, 2020)*

No contexto geomorfológico, o reservatório Passo Real, bem como sua área de captação, está localizado no compartimento do Planalto Meridional (Província da Bacia do Paraná). Caracteriza-se

pelo modelado tipo denudacional de topo convexo (Dc33 e Dc13) com dimensão interfluvial média (750 a 1750 m) e grau de entalhamento dos vales muito fraco (< 50 m) na maior parte do seu entorno (79 %), com relevo colinoso resultante do modelado em rochas vulcânicas da Formação Serra Geral e de rochas sedimentares da Formação Tupanciretã. Uma parte na porção leste e norte do reservatório apresenta grau de entalhamento médio (100 a 150 m) com áreas mais dissecadas e, conseqüentemente, de maior fragilidade ao sistema hidrográfico (WACHHOLZ, 2011).

Os usos e a ocupação das terras são predominantemente rurais, restringindo a cobertura original de Floresta Ombrófila Mista, florestas de araucárias que abrangem a área de captação; Estacional Decidual, floresta de caducifólias mais ao sul da bacia; Savanas, característica de cerrados e campos na porção oeste dos reservatórios de Passo Real e uma pequena parte de Ernestina (WACHHOLZ, 2011). As culturas anuais caracterizam-se pelo plantio de soja, milho, trigo e fumo (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 2020).

Esses usos são condicionados pela ocorrência de latossolos vermelhos, solos derivados do basalto, bem desenvolvidos (STRECK *et al.*, 2008) e do sistema climático da região. O sistema de classificação de Köppen-Gaiger, zona temperada de clima subtropical tipo Cfa com quatro estações bem definidas, apresenta temperaturas do ar entre -3 °C e 18 °C no mês mais frio e superiores a 22 °C no mês mais quente. A precipitação média anual é de 1738 mm (\pm 81 mm), com períodos mais chuvosos para o segundo semestre, principalmente no mês de outubro (COMPANHIA ESTADUAL DE GERAÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – CEEE GT, 2011; COMITÊ DE GERENCIAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO JACUÍ – COAJU, 2009; WACHHOLZ, 2011; BREUNIG *et al.* 2016; BREUNIG *et al.*, 2017).

3. METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido seguindo as seguintes etapas: a) Identificação da dinâmica sazonal da temperatura de superfície da água do Reservatório Passo Real; b) Avaliação das diferenças espaciais de temperatura de superfície na água; c) Análise de dados complementares: temperatura do ar, espectros de refletância, trabalhos de campo, precipitação e tempo de residência da água. Cada etapa é detalhada a seguir.

Para calcular as estimativas da temperatura de superfície da água, foram utilizadas 28 imagens do sensor Thermal Infrared Sensor (TIRS) e Operational Land Imager (OLI) da plataforma orbital Landsat 8 nos seguintes períodos/datas: Verão 18/01/2016, 26/01/2019, 28/01/2014, 08/02/2018, 24/02/2018, 12/03/2018, 15/03/2019; Outono 07/04/2016, 15/04/2013, 29/04/2018, 17/05/2017, 18/05/2019, 08/06/2015, 13/06/2017; Inverno 29/06/2017, 18/07/2018, 06/08/2019, 08/08/2014, 13/08/2016, 24/08/2014, 01/09/2017, 12/09/2015; Primavera 03/10/2017, 27/10/2014, 15/11/2015, 20/11/2017, 25/11/2013, 28/11/2014.

Para o cálculo, utilizou-se o método Planck Equation presente no plugin Land Surface Emissivity desenvolvido por Ndossi e Avdan (2016) e instalado no *software* QGIS 2.14 para gerar estimativas de temperatura da superfície terrestre (LST). Esse método (Equação 01) considera imagens em temperatura de brilho (banda 10, TIRS) e de emissividade como dados de entrada. As imagens de emissividade foram constituídas a partir de imagens NDVI (bandas 5 e 4, sensor OLI do Landsat, Equação 02) (VAN de GRIEND; OWE, 1993; VALOR; CASELES, 1996; ZHANG; WANG; LI, 2006).

$$T_s = \frac{T_b}{1 + \left(\frac{\lambda T_b}{a}\right) \cdot \ln \epsilon} + \frac{T_b}{1 + \left(\frac{\lambda T_b}{a}\right) \cdot \ln \epsilon} \quad (01)$$

Em que:

T_b = temperatura de brilho ou aparente registrada pelo sensor em Kelvin

λ = comprimento de onda médio do infravermelho termal

$a = hc/K = 1.438 \times 10^{-2} \text{ m K}$, em que:

K = constante de Stefan-Boltzman ($1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$)

h = constante de Planck ($6.28 \times 10^{-34} \text{ J/s}$)

c = velocidade da luz ($2.998 \times 10^8 \text{ m/s}$)

\ln_ϵ = logaritmo natural da emissividade da superfície

$$\text{NDVI} = \frac{\rho_{\text{ivp}} - \rho_{\text{v}}}{\rho_{\text{ivp}} + \rho_{\text{v}}} \quad (02)$$

Em que:

ρ_{ivp} = reflectância no infravermelho próximo

ρ_{v} = reflectância no vermelho

Sequencialmente, gerou-se um transecto no eixo central do reservatório Passo Real para mensurar as estimativas médias de temperatura da superfície da água. Depois, tais valores foram espacializados em forma de mapas para observar o padrão sazonal de variabilidade dos dados. Foram incorporados na análise, dados de temperatura do ar da estação meteorológica de Cruz Alta.

As anomalias identificadas no padrão sazonal da temperatura de superfície da água em Passo Real foram investigadas a partir da observação de espectros de reflectância, utilizando a ferramenta Spectral Profile presente no software Envi 5.5 e da análise de informações de campo detalhadas nos trabalhos de Breunig *et al.* (2016) e Pereira Filho *et al.* (2018). O tempo de residência da água no reservatório Passo Real foi calculado de setembro a outubro/2017 a partir de seu volume e dados da vazão afluente (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA, 2020). Dados de precipitação foram buscados no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (2020).

4. RESULTADOS

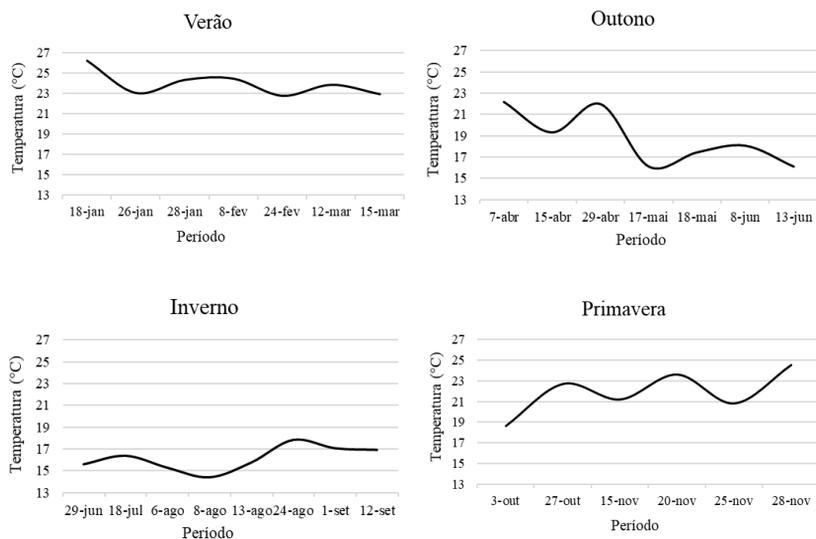
4.1. DINÂMICA SAZONAL DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE DA ÁGUA

As estimativas da temperatura de superfície da água no reservatório Passo Real (Figura 02) mostraram um padrão de variação sazonal de acordo com as características de zona temperada e clima subtropical definidas na classificação Köppen-Gaiger para a região sul do Brasil. A partir das estimativas geradas pelos transectos centrais no reservatório de 2013-2019, identificaram-se temperaturas médias elevadas de 23,95 °C para as datas na estação de verão (2a), médias baixas de 16,14 °C na estação de inverno (3b); para os outros dois períodos de transição, outono e primavera, médias de 18,72 °C (3c) e 21,93 °C (3d), respectivamente. É possível observar uma variação da temperatura com o resfriamento gradual das águas no outono e aquecimento gradual das águas na primavera.

Em maior detalhe, as estimativas da temperatura de superfície para o reservatório Passo Real revelaram médias máximas de 26,22 °C no verão e 24,53 °C na primavera, médias mínimas de 16,07 °C no outono e 14,38 °C no inverno. Contempla uma grande área (204,22 Km²) e volume (3,671 km³). Logo, suas águas apresentam aquecimento e resfriamento lentos, conseqüentemente, menor circulação térmica, principalmente no período de verão (WACHHOLZ, 2011). Tal efeito é uma típica poluição térmica causada pela estratificação na coluna d'água decorrente de grandes represamentos (LING *et al.*, 2017).

Trabalhos de campo no Passo Real realizados por Wachholz (2011) de fevereiro de 2009 a março de 2010 revelaram temperaturas maiores no verão e na primavera, 27,5±1,2 °C para 26,6±1,5 °C e 24,2±2,0 °C para 22,3±2,6 °C e menores no outono e no inverno, 21,0±4,3 °C para 22,2±2,9 °C e 16,1±0,9 °C para 17,0±1,0 °C, respectivamente. Portanto, concordantes com as estimativas da TSA calculadas nas imagens de satélite.

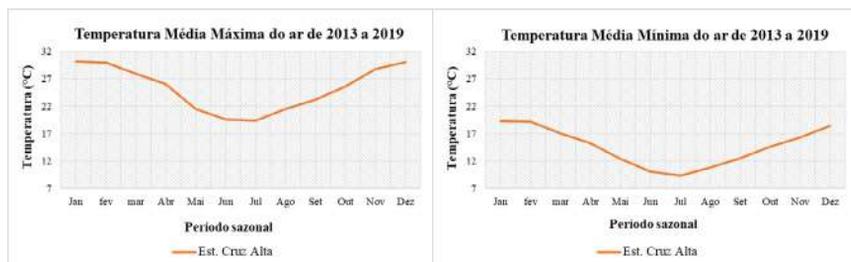
Figura 02 – Variação sazonal das médias de temperatura da água no reservatório Passo Real de 2013 a 2019 estimadas em imagens do satélite Landsat



Fonte: Dados de estimativas geradas em imagens de satélite Landsat, sensor *Thermal Infrared Sensor (TIRS)*, disponível em *United States Geological Survey (USGS, 2020)*

Complementarmente à análise, a temperatura do ar é um dos fatores que influencia diretamente na temperatura das águas (MOSLEY, 1982) e, diante da análise temporal dessa variável na estação próxima à região de influência do reservatório (Figura 03), observaram-se temperaturas sazonais do ar que variaram de acordo com a classificação Köppen-Gaiger, consequentemente, também concordantes com as estimativas da TSA geradas nas imagens de satélite.

Figura 03 – Análise temporal da temperatura do ar na área de estudo



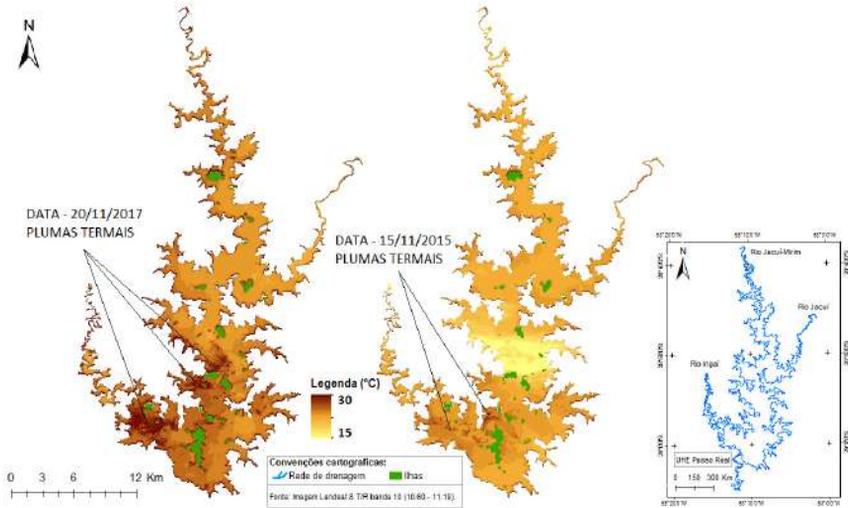
Fonte: Dados do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2020)

A convergência desses fatores com a radiação solar incidente também contribui diretamente no gradiente sazonal de aquecimento e resfriamento das águas. A radiação solar apresenta sua máxima no verão e mínima no inverno e valores intermediários no outono e primavera. De forma semelhante, as horas de sol disponíveis durante o dia são maiores durante o verão (> que 8 horas) e menores no inverno (5 horas/diárias) (INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS – IPAGRO, 1989).

4.2. DIFERENÇAS ANÔMALAS NA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE DA ÁGUA

Conforme aponta Ling *et al.* (2017), as diferenças da temperatura de superfície estimada (ou seja, da temperatura relativa) em corpos d'água presentes em cena Landsat pode revelar informações valiosas da variabilidade sazonal. Nesse sentido, a partir da espacialização dos valores, identificaram-se diferenças anômalas no padrão de temperatura no setor lacustre do reservatório Passo Real, especialmente nas datas 15-11-2015 e 20-11-2017. Plumas termais, mais aquecidas, com diferenças de até 7 °C no setor oeste do reservatório (Figura 04).

Figura 04 – Espacialização da variação anômala da TSA

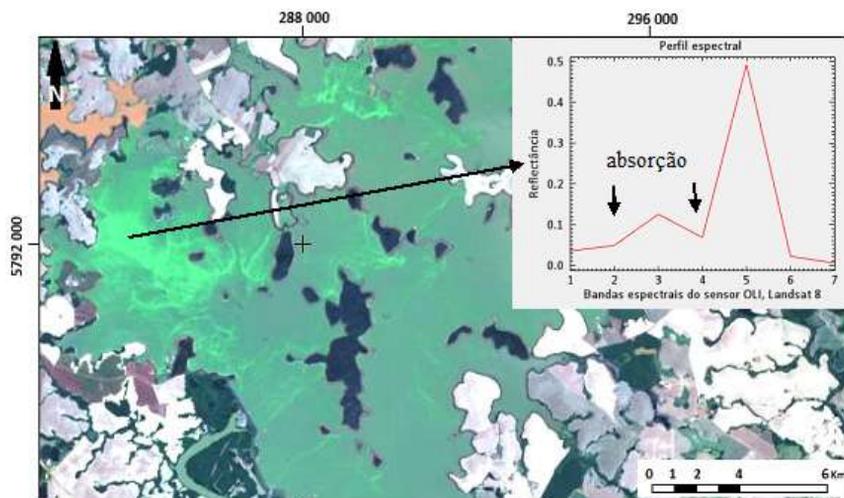


Fonte: Mapas temáticos da temperatura de superfície da água gerados no complemento *Land Surface Temperature (LST)* desenvolvido por Ndossi e Avdan (2016) e disponível no *software QGIS 2.14*. Imagens de satélite Landsat, sensor *Thermal Infrared Sensor (TIRS)* adquiridas em *United States Geological Survey (USGS, 2020)*

O trabalho de campo realizado no reservatório em 23-11-2017 identificou alta concentração de pigmentos fotossintéticos de *Chl-a*, conseqüentemente, presença de organismos fitoplanctônicos (PEREIRA FILHO *et al.*, 2018). Estudos realizados por Breunig *et al.* (2016) também revelaram maiores concentrações de clorofila-a nesse período, tanto nos trabalhos de campo como nos modelos empíricos.

A extração da reflectância espectral nas plumas termais consideradas anômalas, na imagem de 20-11-2017, confirmaram maior absorção de radiação na região do azul e do vermelho e maior reflexão no infravermelho próximo (Figura 05). A soma dessas constatações evidencia um evento de florações de algas, pois, dada a menor capacidade térmica da vegetação em relação a água (JENSEN, 2009), identificou-se a diferença termal nas águas de até 7 °C.

Figura 05 – Reflectância espectral das plumas termais no reservatório Passo Real



Fonte: Imagem do satélite Landsat 8, sensor *Operational Land Imager (OLI)*, disponível em *United States Geological Survey (USGS, 2020)*. Reflectância de superfície da imagem processada no software *Environment for Visualizing Images (Envi 5.5)*

Além disso, a combinação dos fatores aumento gradual da temperatura de superfície da água neste período (16,04 °C para 21,93 °C), da precipitação de 143,3 mm 15 dias antes (INMET, 2020), da lixiviação dos solos devido sua maior exposição para o preparo e plantio das culturas de verão soja e milho (GAIDA *et al.* 2012; CENTRO ESTADUAL DE METEOROLOGIA – CEMETRS, 2012) e tempo de residência médio da água, aproximadamente, 270 dias, resultaram na condição ideal de proliferação de organismos fitoplanctônicos nesse ambiente aquático.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Fenômenos na natureza estão em constante interação e, por meio da espacialização da dinâmica sazonal da temperatura de superfície da água no reservatório Passo Real de 2013-2019, foi possível compreender seu padrão de variabilidade e identificar anomalias. As florações algais foram relacionadas ao gradiente térmico acentuado registradas em plumas termais no reservatório Passo Real, observadas na primavera, período de aquecimento das águas.

Assim, a utilização do Thermal Infrared Sensor – TIRS para quantificar a temperatura de superfície da água é uma forma alternativa para monitorar a variabilidade espaço-sazonal contínua e atempada de grandes massas d'água ao mesmo tempo em que pode propiciar a identificação de alterações metabólicas.

6. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Edital CAPES 071/2013 – Processo número 88881.068465/2014-01. Também, com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 e da CAPES/FAPERGS – nº Processo: 8888.162068/2017-00 (Bolsa de Doutorado em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria).

7. LISTA DE SIGLAS

CEEE – GT Companhia Estadual de Geração e Transmissão de Energia Elétrica
COAJU – Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
 INMET – Instituto Nacional de Meteorologia
 OLI – *Operational Land Imager*
 TIRS – *Thermal Infrared Sensor*
 TSA – Temperatura de superfície da água
 NDVI – *Normalized Difference Vegetation Index*
 LST – temperatura da superfície terrestre
 Tb – temperatura de brilho ou aparente registrada pelo sensor em Kelvin
 λ – comprimento de onda médio do infravermelho termal
 $a = hc/K - 1.438 \times 10^{-2} \text{ m K}$, em que:
 K – Constante de Stefan–Boltzman ($1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$)
 h – Constante de Planck ($6.28 \times 10^{-34} \text{ J/s}$)
 c – Velocidade da luz ($2.998 \times 10^8 \text{ m/s}$)
 \ln_e – Logaritmo natural da emissividade da superfície
 P_{ivp} – Reflectância no infravermelho próximo
 P_v – Reflectância no vermelho

8. REFERÊNCIAS

BREUNIG, F. M. *et al.* Assessing the long-term variability of TSS and Chlorophyll in subtropical reservoirs using MODIS data. **IEEE Journal of selected topics in applied Earth observations and remote sensing**, v. 9, n. 12, 2016.

BREUNIG, F. M. *et al.* Dynamics of limnological parameters in reservoirs: A case study in South Brazil using remote sensing and meteorological data. **Science of the total environment** **JCR**, v. 574, p. 253-263, 2017.

CENTRO ESTADUAL DE METEOROLOGIA – CEMETRS. **Estudo comparativo das estiagens: 2004/2005 e 2011/2012**. Porto Alegre: CEMETRS, 2012. (Nota Técnica, nº 5). Disponível em: http://www.cemet.rs.gov.br/conteudo/1707/?Nota_T%C3%A9cnica_05. Acesso em: 22 fev. 2020.

CHERKAUER, K. *et al.* Assessing satellite-based thermal-infrared remote-sensing for monitoring Pacific Northwest river temperatures. **Journal of the American Water Resources Association**, October, 03161, 2005.

COMITÊ DE GERENCIAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO JACUÍ – COAJU
Plano de da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí: consolidação das informações existentes sobre os recursos hídricos da bacia. Relatório Temático – RT 2, Passo Fundo, Brasil, 2009.

COMPANHIA ESTADUAL DE GERAÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – CEEE-GT. **Plano de uso e ocupação do solo no entorno do reservatório da UHE Passo Real.** Porto Alegre: CEEE-GT, 2011.

CRISTEA, N.; BURGESS, S. Use of thermal infrared imagery to complement monitoring and modeling of spatial stream temperature. **Journal of Hydraulic Engineering**, n. 14, p. 1080-1090, 2009.

GAIDA, W. *et al.* Dinâmica da vegetação e uso da terra com uso do NDVI na bacia hidrográfica do alto Jacuí. **GeoUERJ**, v. 2, n. 24, p. 684-698, 2012.

HANDCOCK, R. *et al.* Accuracy and uncertainty of thermal-infrared remote sensing of stream temperatures at multiple spatial scales. **Remote Sensing of Environment**, n. 100, p. 427–440, 2006.

HANDCOCK, R. *et al.* Thermal Infrared Remote Sensing of Water Temperature in Riverine Landscapes. **Fluvial Remote Sensing for Science and Management**, p. 85-113, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo agropecuário** 2017. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso: 20 fev. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Mapas, 2016. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>. Acesso: 15 jan. 2010.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Dados históricos.** Estações meteorológicas Santa Maria, Cruz Alta e Passo Fundo, 2020. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/Andgt>. Acesso: 10 fev. 2020.

INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS – IPAGRO. **Atlas Agroclimático do Estado do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: IPAGRO, 1989. 3 v.

JENSEN, J. **Sensoriamento remoto do ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. Tradução de J. C. N. Epiphanyo *et al.* São José dos Campos: Parêntese, 2009.

KUENZER, C.; DECH, S. **Thermal infrared remote sensing**: sensors, methods, applications. New York: Springer, 2013.

LAMARO, A. A. *et al.* Estimativa da temperatura da superfície da água a partir dos dados infravermelhos térmicos Landsat 7 ETM + usando o método generalizado de canal único: estudo de caso de Embalse del Río Tercero (Córdoba, Argentina). **Advances in Space Research**, v. 51, p. 492-500, 2013.

LING, F. *et al.* Monitoring Thermal Pollution in Rivers Downstream of Dams with Landsat ETM+ Thermal Infrared Images. **Remote Sensing**, v. 9, p. 1175, 2017. doi: 10.3390/rs9111175.

MOSLEY, P. **New Zealand river temperature regimes**. Wellington, N.Z.: Water and Soil Division, Ministry of Works and Development for the National Water and Soil Conservation Organization, 1982. (Water & soil miscellaneous publication, 36).

NDOSSI, M. I.; AVDAN, U. Application of Open Source Coding Technologies in the Production of Land Surface Temperature (LST) Maps from Landsat: a PyQGIS Plugin. **Remote Sensing**, v. 8, n. 5, 2016.

PEREIRA FILHO, W. *et al.* **Ocorrência de florações fitoplanctônicas em reservatório do alto curso do Rio Jacuí – Brasil**. Desafios para afirmar a lusofonia na geografia física e ambiente. Guimarães, Portugal: Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade do Minho – CEGOT-UMinho, 2018.

STRECK, E. V. *et al.* **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: EMATER, 2008.

TONOLLA, D. *et al.* Thermal heterogeneity in river floodplains. **Ecosyst**, n. 13, p. 727-740, 2010.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY – USGS. EarthExplorer, 2020. USA: USGS, 2020. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso: 15 jan. 2020.

VALOR, E.; CASELES, V. Mapping Land surface emissivity from NDVI: application to European, African, and South Americas Areas. **Remote Sensing of Environment**, v. 7, p. 167-184, 1996.

VAN DE GRIEND, A.; OWE, M. On the relationship between thermal emissivity and the normalized difference vegetation index for natural surfaces. **International Journal Remote Sensing**, v. 14, p. 1119-1131, 1993.

VATLAND, S.; GRESSWELL, R.; POOLE, G. Quantifying stream thermal regimes at multiple scales: Combining thermal infrared imagery and stationary stream temperature data in a novel modeling framework. **Water Resources Research**, n. 51, p. 31-46, 2015.

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 (UNESP), São Paulo, 2011. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/104345>. Acesso em: 17 de fev. 2020.

WAWRZYNIAK, V.; PIEGAY, H.; POIREL, A. Longitudinal and temporal thermal patterns of the French Rhone River using Landsat ETM+ thermal infrared images. **Aquatic Sciences**, v. 75, p. 405-414, 2011.

ZHANG, J.; WANG, Y.; LI, Y. C++ program for retrieving land surface temperature from the data of Landsat M/ETM+ band6. **Computers & Geosciences**, v. 32, p. 1796-1805, 2006.



CAPÍTULO 10

VARIAÇÃO DO TOTAL DE SÓLIDOS EM SUSPENSÃO (TSS) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IBICUÍ DA ARMADA/RS

*Janderlei Velasque Dal Osto
Waterloo Pereira Filho*

Resumo

Localizada no sudoeste do Rio Grande do Sul, a Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí da Armada conta com uma área de aproximadamente 6.006,7 km² e se estende sobre os municípios de Rosário do Sul, Dom Pedrito e Santana do Livramento. O objetivo da pesquisa foi analisar a variação do Total de Sólidos em Suspensão (TSS) na Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí da Armada. A metodologia baseou-se na utilização de imagens do sensor MSI a bordo do satélite SENTINEL 2 para gerar os mapas de uso da terra. As classes de uso da terra foram definidas como: cultivos agrícolas, campo, solo exposto, floresta, água e área urbana. Para a aquisição dos valores de TSS, foram realizadas 17 missões de campo entre os meses de outubro de 2018 e abril de 2019, em dois pontos amostrais localizados no sistema hídrico da bacia hidrográfica. As modificações dos valores de TSS estão diretamente associadas aos diferentes tipos de uso da terra, bem como às diferentes fases agrícolas ao longo do tempo de análise. Assim, os resultados do presente trabalho ressaltam a importância da aquisição do conhecimento e da geração de dados sobre os recursos hídricos, buscando uma maior preservação do meio ambiente.

Palavras-chave

TSS. Uso da Terra. Hidrografia.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a sociedade está cada vez mais preocupada com os problemas ambientais, que estão crescendo de forma significativa. Entre esses problemas, os corpos d'água recebem grande destaque, pois denunciam as realidades de cada região. Escassez de terras férteis, desenvolvimento socioeconômico com diversas modificações no uso da terra e as formas como são desempenhadas as atividades agrícolas dentro da bacia hidrográfica são as causas das alterações negativas sobre o ambiente aquático, na grande maioria, no entorno das redes de drenagem (TUNDISI, 1988).

O histórico econômico brasileiro teve como grande alicerce a agricultura e a pecuária, que desencadeou grandes mudanças na qualidade ambiental dos recursos hídricos. Essas mudanças resultam em despejos de poluentes industriais e esgotos diretamente nos corpos d'água. Da mesma forma, geram-se desmatamentos que frequentemente acabam resultando em processos erosivos no solo, juntamente com o assoreamento dos canais (KRAMER, 2009).

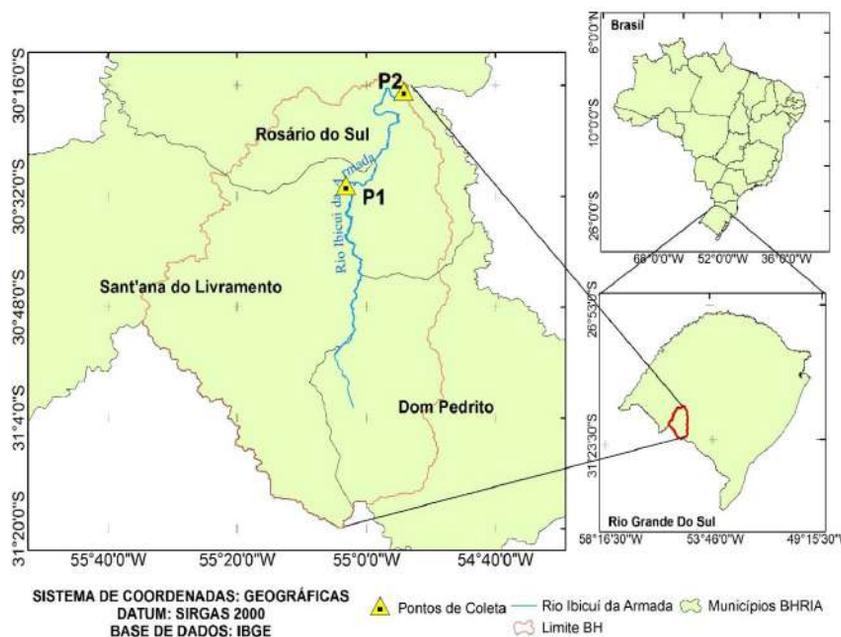
A bacia hidrográfica apresenta-se como o espaço de gestão dos diversos usos da água, e é onde é possível perceber e compreender os impactos causados pelo homem sobre a quantidade e a qualidade da água como resultado dos fenômenos naturais e da atuação do homem. De modo geral, é possível dizer que a qualidade da água é a função das condições naturais, bem como do uso da terra dentro da área da bacia hidrográfica (VON SPERLING, 2005).

O uso da terra é de grande importância e relevância para o manejo e a preservação dos recursos naturais, ainda mais quando se trata de áreas de preservação permanente, no entorno dos cursos d'água. Os fatores que influenciam na proteção e configuração da flora e fauna, tanto do ecossistema terrestre como do ecossistema aquático, devem ser levados em conta, pois a alteração das características de um ecossistema pode acarretar a alteração do outro, causando diversos problemas.

Um exemplo é a grande quantidade de agrotóxicos das lavouras que vai para o manancial hídrico, o que acarreta crescimento exagerado das plantas aquáticas, que, por sua vez, causam a morte de peixes de determinados ambientes pela falta de oxigenação (ESTEVES, 1998; TUNDISI *et al.*, 1999).

A geração de uma relação entre os usos da terra e alterações do TSS pode auxiliar o entendimento sobre as estratégias de gestão por meio de uma base de dados detalhada. Dessa forma, no presente trabalho, analisa-se a variação do total de sólidos em suspensão (TSS) em conjunto com dados de uso da terra na bacia hidrográfica do rio Ibicuí da Armada/RS (Figura 01).

Figura 01 – Mapa de Localização da área de estudo



Fonte: Base de dados IBGE

2. METODOLOGIA

Os mapas de uso da terra foram gerados utilizando oito imagens do satélite SENTINEL 2, sendo necessária a criação de um mosaico com quatro imagens para cobrir totalmente a área de estudo. As imagens foram obtidas junto ao catálogo de imagens do portal Land Viewer da EOS (Earth Observing System), com datas de 02 de novembro de 2018 e 07 de março de 2019. Para este estudo, foram utilizadas as bandas 02, 03, 04 e 08, com uma resolução espacial de 10 metros. No quadro 01, apresentam-se as principais características do satélite Sentinel-2.

Quadro 01 – Características técnicas do satélite Sentinel-2

Especificações	Sentinel-2
Instrumento/Sensor	MSI
Operadora/Instituição Responsável	Comunidade Europeia e Agência Espacial Europeia – ESA
País	Europa
Situação Atual	Ativo
Lançamento	07 de março de 2017
Altitude	786 km
Inclinação	98.5623°
Órbita	Circular, heliossíncrona, descendente
Faixa Imageada	290 Km
Horário da Passagem	10:30 AM
Período de Revisita	10 dias
Resolução Espacial	Bandas 02, 03, 04 e 08: 10 m

Fonte: ESA (2018)

A classificação supervisionada Máxima Verossimilhança foi utilizada para identificar as diferentes classes de uso da terra. Esse procedimento de classificação de imagens de satélite considera a ponderação das distâncias médias com o uso de parâmetros estatísticos de distribuição dos *pixels* dentro das classes determinadas (CRÓSTA, 1993).

No momento de aquisição das amostras, alguns fatores foram levados em consideração, como tamanho, textura, tonalidade, forma e cor. Além disso, utilizou-se do conhecimento de campo em conjunto com arquivos fotográficos de cada missão de campo realizada durante o período de análise. As classes de uso da terra delimitadas foram: Cultivo Agrícola, Água, Solo Exposto, Floresta, Campo e Área Urbana, sendo que esta última foi delimitada por meio da base cartográfica vetorial contínua do Estado do Rio Grande do Sul (HASENACK; WEBER, 2010).

As coletas de amostras de água na área de estudo foram realizadas entre os meses de outubro de 2018 e abril de 2019, totalizando 17 missões de campo (Quadro 02), em dois pontos amostrais, localizados no rio Ibicuí da Armada.

Quadro 02 – Datas das missões de campo que foram realizadas

Missão de campo	Data
1	25/10/2018
2	01/11/2018
3	07/11/2018
4	14/11/2018
5	21/11/2018
6	11/12/2018
7	18/12/2018
8	23/12/2018
9	31/12/2018
10	15/01/2019
11	22/01/2019
12	12/02/2019
13	19/02/2019
14	02/03/2019
15	18/03/2019
16	26/03/2019
17	09/04/2019

Fonte: organização dos autores

O TSS foi determinado conforme APHA (2005). Para a filtração, foram utilizados filtros de celulose (Marca Millipore – HAWG04750) constituída por membranas HA em Ester de Celulose com poros de 0,45 μm e diâmetro de 47 mm (MILLIPORE, 2011) (Figura 02a), juntamente com a bomba de vácuo (Figura 02c).

O volume de água utilizado no processo de filtração foi de 150 ml. Primeiramente, os filtros foram secos durante 24 horas na estufa a 50 °C de temperatura (Figura 02d), buscando anular a presença de umidade, resultando no Pi (Peso Inicial). Depois, os filtros foram pesados na balança analítica da marca Bel ® Engineering

(acurácia de 0,0001 g) (Figura 02b) e logo após foi feita a filtragem das amostras de água que foram analisadas.

Figura 02 – Materiais utilizados em laboratório



Fonte: acervo dos autores

Por fim, os filtros foram novamente conduzidos à estufa com as mesmas condições de temperatura e tempo, para, posteriormente, serem pesados, chegando, dessa forma, ao Pf (Peso Final).

Com o valor das pesagens, foi possível proceder ao cálculo. A diferença entre peso final e peso inicial após desidratação é a quantidade de sólidos totais que estão presentes nas amostras.

Com os valores das pesagens, foi realizado o cálculo para determinar a quantidade de sedimento por amostra. Para isso, utilizou-se a equação (1).

$$TSS = \frac{P_{fg} - P_{ig}}{V} \times 1.000 \quad (1)$$

Em que:

TSS – Total de Sólidos em Suspensão

Pf – Peso Final (g)

Pi – Peso Inicial (g)

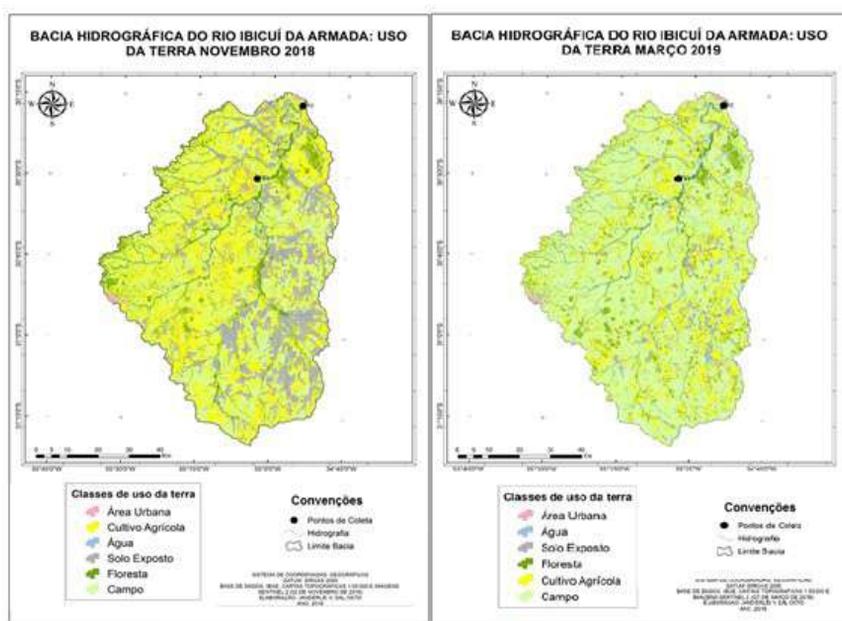
V – Volume (L)

4. RESULTADOS

4.1 USO DA TERRA

Por meio da classificação das imagens de satélite, chegou-se ao mapa de uso da terra da bacia hidrográfica para os meses de novembro de 2018 e março de 2019. Dessa forma, foi possível observar a influência da agropecuária na região por meio das classes cultivo agrícola e também da classe campo (Figura 03).

Figura 03 – Mapas de uso da terra



Fonte: cenas do sensor MSI/Sentinel-2

Na tabela 01 apresentam-se os valores de cada classe temática em porcentagem e área nos dois meses analisados. No mês de novembro de 2018, a classe cultivo agrícola tem maior abrangência (2.471,2 km²), o que corresponde a 41,1 % da área total da bacia hidrográfica.

Tabela 01 – Áreas das classes de uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Ibicuí da Armada/RS para as datas 02 de novembro de 2018 e 07 de março de 2019

Classes \ Datas	02 de novembro de 2018		07 de março de 2019	
	Área (km ²)	Porcentagem (%)	Área (km ²)	Porcentagem (%)
Cultivo Agrícola	2.471,2	41,1	1.284,1	21,4
Água	132,6	2,2	132,6	2,2
Solo Exposto	1.134,1	18,9	394,5	6,6
Floresta	483,8	8,1	443,8	7,4
Campo	1.774,6	29,5	3.741,4	62,3
Área Urbana	10,5	0,2	10,5	0,2
Total	6.006,7	100,0	6.006,7	100,0

Fonte: cenas do sensor MSI/Sentinel-2

A classe solo exposta (1.134,1 km²), que representa aproximadamente 18,9 %, é encontrada principalmente nas porções Leste e Sudeste da bacia hidrográfica. Essas áreas referem-se a regiões de cultivos agrícolas nas quais o solo está em preparo ou em que já foi realizado o plantio. Em novembro, as culturas ainda se encontram em pequeno porte, e não é possível demonstrar uma resposta espectral do mesmo padrão que a classe temática “cultivos agrícolas”, onde o solo já foi coberto pelo dossel das culturas agrícolas. Soja e arroz são as principais culturas plantadas na área.

Segundo o Calendário de Plantio e Colheita de Grãos no Brasil (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB, 2017), o início do plantio de soja na região ocorre em outubro e pode se estender até janeiro, e o período de plantio do arroz é um pouco diferente do da soja, sendo realizado entre os meses de setembro e dezembro.

Já no mês de março de 2019, a distribuição das diferentes classes de uso da terra dentro da bacia hidrográfica apresentou modificações importantes.

A classe temática “campo” tem um grande aumento, chegando a (3.741,4 km²) aproximadamente 62,3 % da área total da bacia

hidrográfica. Uma justificativa para esse aumento é a confusão na classificação, pois regiões que acabaram de realizar a colheita acabam deixando áreas de resteva, que, segundo Fontaneli (2012), é a altura da porção do caule de plantas herbáceas junto ao solo após o corte mecânico ou pelos animais.

Nesse caso, as áreas de resteva (Figura 04) são tanto da soja como do arroz e servem de adubo para os próximos cultivos. Assim, as áreas de campo são muito semelhantes.

Figura 04 – Área pós-colheita em março de 2019

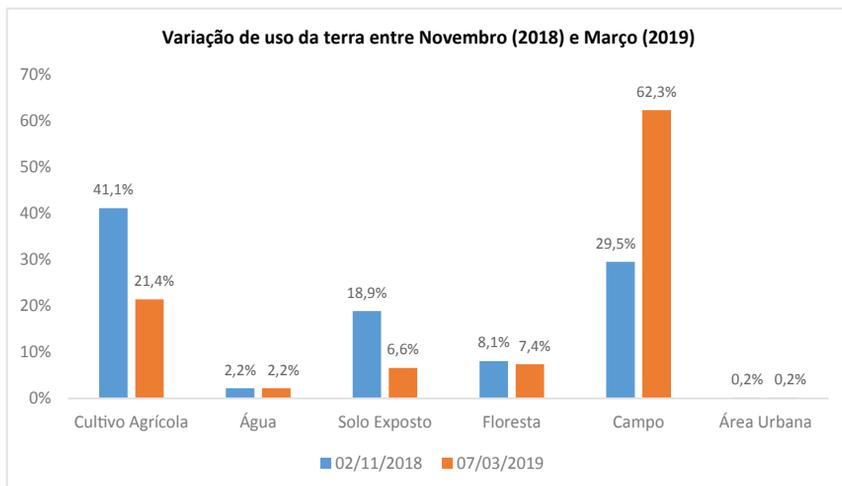


Fonte: acervo dos autores

Já as áreas de cultivos agrícolas (1.284,1 km²) apresentaram uma diminuição com relação ao mês de novembro, pois o mês de março é período de colheita dos principais cultivos agrícolas da região (arroz e soja), segundo o Calendário de Plantio e Colheita de Grãos no Brasil (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB, 2017).

Na figura 05, demonstram-se as variações de uso da terra em porcentagem na bacia hidrográfica do Rio Ibicuí da Armada, nos meses de novembro de 2018 e março de 2019. Foi feita, na figura 05, uma síntese das informações contidas na tabela 01, de modo a facilitar a compreensão sobre as mudanças dos diferentes usos da terra.

Figura 05 – Usos da terra entre novembro de 2018 e março de 2019

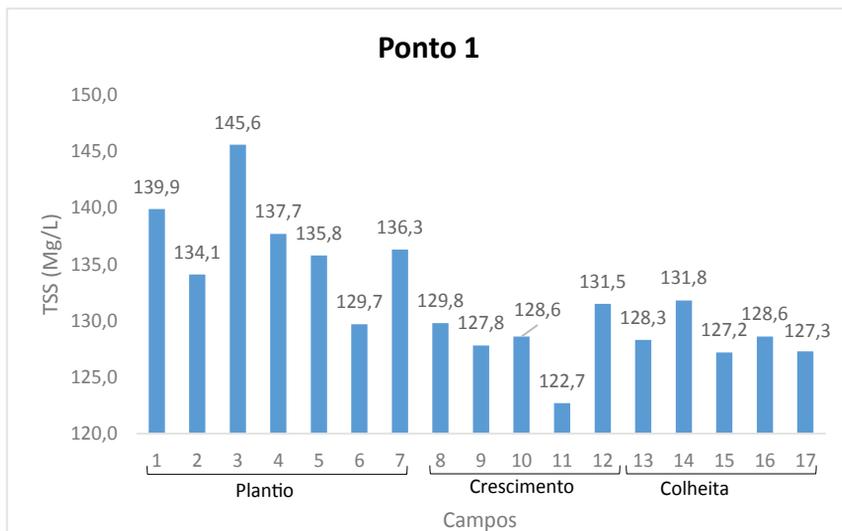


Fonte: cenas do sensor MSI/Sentinel-2

4.2 TOTAL DE SÓLIDOS EM SUSPENSÃO (TSS)

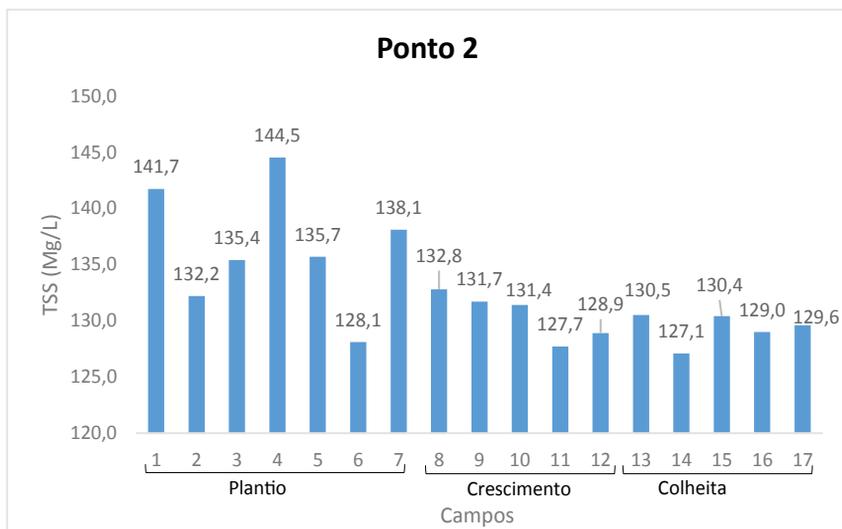
Total de sólidos em suspensão corresponde a todo o material particulado em suspensão na água, que não passa por um filtro de 0,45 (TCHOBANOGLIOUS; SCHROEDER, 1987). Após a aplicação da metodologia específica para a determinação do TSS, chegou-se aos resultados referentes aos dois pontos amostrais analisados. Nas Figuras 06 e 07, consta a variação da quantidade de sedimentos nas amostras coletadas.

Figura O6 – Valores de TSS para o ponto amostral 1



Fonte: os autores

Figura O7 – Valores de TSS para o ponto amostral 2



Fonte: os autores

A variação do TSS entre os dois pontos amostrais analisados foi pequena, sendo que o ponto amostral 1 teve uma média de 131,9 mg/l nos 17 campos realizados e o ponto amostral 2 teve uma média de 132,6 mg/l.

Os maiores valores registrados são referentes ao mês de novembro, 145,6 mg/l para o ponto 1, no campo 3, realizado no dia 07 de novembro de 2018 e 144,5 mg/l, no ponto 2, no campo 4, realizado no dia 14 de novembro de 2018.

Com a análise temporal dos dados de TSS, pode-se afirmar que as variações dessa variável limnológica, na bacia hidrográfica do Rio Ibicuí da Armada, é relacionada, principalmente, com as variações nos tipos de uso da terra e as diferentes fases dos produtos agrícolas que são ali cultivados. Em ambos os pontos amostrais, os maiores valores de TSS ficam concentrados no período de preparo do solo e plantio. Na figura 08, apresentam-se as margens dos pontos de coleta no mês de novembro.

Figura 08 – Margens dos pontos amostrais em novembro de 2018



Fonte: os autores

Já os valores mais baixos ficam concentrados, em sua maioria, nos campos que foram realizados no mês de março (Campos 14, 15 e 16). Relacionando esses dados com o mapa de uso da terra para o mês citado (Figura 02), percebe-se a predominância de áreas de agricultura (que ainda não realizaram a colheita das culturas

de verão) e áreas de solo exposto (pós-colheita) que, em alguns casos, foram confundidas com áreas de campo, por conta da resteva. A figura 09 ilustra as margens dos pontos amostrais no mês de março de 2019.

Figura 09 – Margens dos pontos amostrais em março de 2019



Fonte: os autores

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme esperado de um modo geral, as modificações referentes ao uso da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí da Armada influenciaram nas variações do Total de Sólidos em Suspensão do local.

As modificações dos valores de TSS na área de estudo estão diretamente associadas aos diferentes tipos de uso da terra e às diferentes fases agrícolas ao longo do tempo de análise, sendo que os maiores valores estão concentrados no período de preparo do solo e plantio, quando os sedimentos acabam sendo transportados para o leito do rio.

No presente trabalho de pesquisa, fez-se uma análise profunda na relação entre as modificações dos usos da terra no TSS da área de estudo, a partir de missões de campo ao longo de seis meses. Dessa forma, a pesquisa fornece subsídios aos órgãos gestores com o intuito de promover a implementação de medidas de

planejamento estratégico de gestão de recursos hídricos no que diz respeito à bacia hidrográfica do Rio Ibicuí da Armada.

6. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Edital CAPES 071/2013 – Processo número 88881.068465/2014-01.

7. LISTA DE SIGLAS

TSS – Total de Sólidos em Suspensão
EOS – Earth Observing System
ESA – European Space Agency
CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento

8. REFERÊNCIAS

CRÓSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**, Campinas: UNICAMP, 1993.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Calendário de plantio e colheita de grãos no Brasil 2017**. 2017. Disponível em: https://www.conab.gov.br/outras.../21099_79625cc8ceb43fb85f49cea4961b0ea6. Acesso em: 18 mar. 2019.

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

HASENACK, H.; WEBER, E. (org.) **Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul – escala 1:50.000**. Porto Alegre: UFRGS Centro de Ecologia. 2010.

KRAMER, G. **Avaliação espaço-temporal das relações entre ecossistemas terrestre e aquático**: estudo de caso da Bacia da UHE Passo Real da região Sul do Brasil. 2009. 90 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2009.

TCHOBANOGLIOUS, G.; SCHROEDER, E. D. **Water Quality**: Characteristics, Modeling and Modification. United States: Pearson Education (US), 1987.

TUNDISI, J. C. *et al.* Limnologia de águas interiores. Impactos, conservação e recuperação de ecossistemas aquáticos. *In*: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil, capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escritura, 1999. p. 195-225.

TUNDISI, J. G. (ed). **Limnologia e manejo de represas**. São Paulo: Academia de Ciências de São Paulo, 1988. (Série Monografia em Limnologia, v. 1, tomo 2). p. 311- 355.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Minas Gerais: UFMG, 2005.

CAPÍTULO 11

VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS EM ÁGUAS DE RESERVATÓRIOS DE EMPREENDIMENTO HIDRELÉTRICO

*Patrícia da Silva Gomes
Assunção Andrade de Barcelos
Hudson Moraes Rocha
João Batista Pereira Cabral
Ana Karoline Ferreira dos Santos*

Resumo

A construção de reservatório altera a qualidade das águas devido à alteração do ambiente fluvial para lacustre, o que proporciona diminuição da velocidade de escoamento da água, tempo de residência e assoreamento do corpo hídrico. No presente trabalho, teve-se como objetivo avaliar a qualidade das águas do reservatório da Usina Hidrelétrica Barra dos Coqueiros, no ano de 2017, em dois períodos distintos (chuvoso e menos chuvoso), comparando os resultados com o que está disposto na resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA nº 357/2005. Os parâmetros analisados foram: pH, total de sólidos dissolvido, oxigênio dissolvido, temperatura da água e fósforo. Os resultados obtidos do fósforo demonstraram estar em desacordo com a resolução CONAMA 357/2005 para águas de classe 1, resultado este associado às atividades agrícolas e ao lançamento de efluentes da estação de tratamento de esgoto a montante do reservatório. As outras variáveis analisadas mantiveram os valores dentro do estabelecido pela resolução.

Palavras-chave

CONAMA 357/2005. Inverso do Quadrado da Distância. Qualidade da água.

1. INTRODUÇÃO

Os estudos em bacias hidrográficas possibilitam compreender e avaliar os ecossistemas aquáticos continentais que estão submetidos a um conjunto de impactos resultante das atividades humanas, como agricultura, pecuária, atividades recreativas e consumo (VASCONCELOS; TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2009).

A construção de reservatórios é relevante para o desenvolvimento da sociedade e geração de energia hidroelétrica, mas provoca mudanças nos ecossistemas aquáticos, modifica o ambiente lótico (rio) para o lêntico (lago/reservatório) e altera toda a dinâmica hídrica, influenciando no padrão de escoamento superficial, nas mudanças da vazão dos rios, áreas alagadas e perda de vegetação (CRUZ; FABRIZY, 1995; ESTEVES, 1998; CABRAL *et al.*, 2013).

Os ecossistemas aquáticos recebem uma considerável variedade e quantidade de poluentes das áreas urbanas e de agropecuária. Assim, o manejo e a conservação inadequada do uso da terra de uma bacia hidrográfica proporcionam impactos ao ambiente e à saúde pública (BARBOSA; FURRIER; SOUZA, 2018; ROCHA *et al.*, 2019). Os altos níveis de nutrientes orgânicos e inorgânicos recebidos pelo corpo d'água acarretam alterações nas variáveis físicas, químicas e biológicas das águas e a deterioração dos ecossistemas aquáticos, causando, por exemplo, a contaminação e a eutrofização (NOGUEIRA *et al.*, 2015; ARAÚJO; MENDONÇA; REIS, 2018). Os principais impactos desse processo são a baixa oxigenação das águas, toxicidade de algas, alteração da distribuição da fauna aquática e a diminuição da qualidade da água para o uso e consumo humano (VON SPERLING, 2005; TRINDADE; MENDONÇA, 2014).

De acordo com Silva *et al.* (2008) e Kaiser, Santos e Pereira Filho (2015), a chuva é um fator que pode influenciar na alteração dos parâmetros físicos e químicos das águas. A precipitação é um dos fatores climáticos de maior variabilidade no espaço e no tempo, sendo um importante fator de controle no ciclo

hidrológico e na qualidade do meio ambiente (BRITTO; BARLETTA; MENDONÇA, 2008).

Na região do Cerrado, as altas taxas de precipitação pluviométrica, associadas ao mau uso da terra, favorecem o carreamento de sedimentos e matéria orgânica para dentro dos reservatórios, levando ao crescimento e à decomposição de algas, o que reduz o pH e a quantidade de oxigênio dissolvido disponível na água (SILVA *et al.*, 2008).

Os estudos realizados nesse ambiente demonstram ser possível levantar informações sobre o papel das chuvas na dinâmica temporal da biota de riachos e de todo ecossistema aquático, devido ao clima sazonal, com duas estações bem definidas, uma estação chuvosa e uma menos chuvosa (YOKOYAMA *et al.*, 2012; LOPES; MARIANO, 2018).

A Lei nº 9.433/97, conhecida como Lei das Águas, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997), e a Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005) estabelecem critérios para a avaliação da qualidade das águas, como classes para a qualidade das águas e parâmetros físico-químicos e biológicos avaliados em pesquisas limnológicas em rios, córregos, lagos e reservatórios.

Souza, Costa e Costa (2019) destacam que, nos últimos anos, houve aumento da necessidade do monitoramento dos parâmetros de qualidade dos recursos hídricos, devido à urbanização e à maior alteração antrópica dos ambientes. Dessa forma, para a qualidade das águas deve-se considerar a saúde e o bem-estar humano, assim como o equilíbrio das comunidades biológicas, as quais não devem ser afetadas pelas atividades antrópicas.

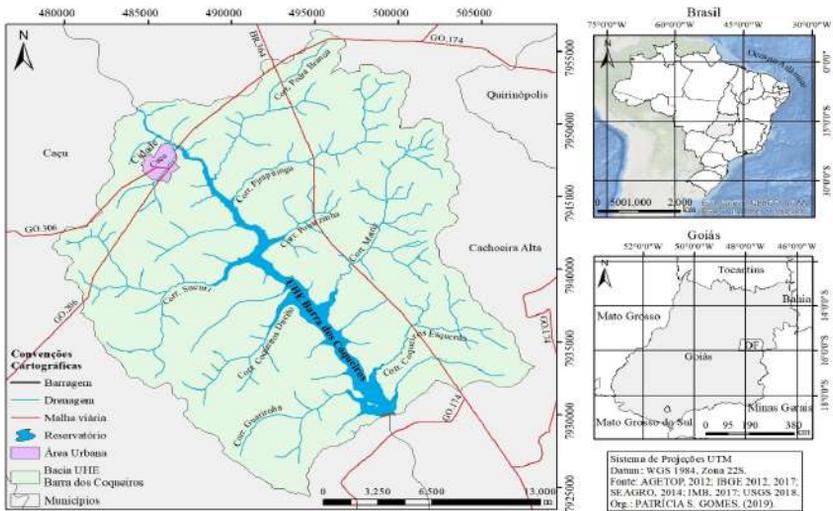
Neste presente trabalho, teve-se como objetivo avaliar a qualidade das águas do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros, no ano de 2017, em dois períodos distintos (chuvoso e menos chuvoso), comparando os resultados com o que está disposto na legislação brasileira, conforme parâmetros estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O reservatório da UHE Barra dos Coqueiros localiza-se na microrregião de Quirinópolis, entre os municípios de Caçu e Cachoeira Alta no sul do estado de Goiás, especificamente, no baixo curso do rio Claro (Figura 01), um dos principais afluentes da margem direita do rio Paranaíba, com área inundada de 25,8 km², com capacidade de gerar 90WM de energia.

Figura 01 – Bacia hidrográfica do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros (GO)



Fonte: organizado por Gomes (2019) com dados do SIEG (2019)

Para se compreender a distribuição espacial e temporal dos parâmetros físico-químicos no reservatório da UHE Barra dos Coqueiros (GO), foram selecionados 39 pontos de amostragem em todo o reservatório, devidamente georreferenciados (Quadro 01).

As coletas de água foram realizadas em dois períodos climáticos distintos no Cerrado brasileiro, sendo uma no dia 24 de janeiro, período chuvoso, e outra no dia 05 de julho, período menos chuvoso, considerado seco.

Quadro 01 – Descrição dos pontos de amostragem em relação ao uso predominante do solo do reservatório Barra dos Coqueiros (GO) no ano de 2017

Ponto	Latitude	Longitude	Uso predominante da terra no entorno do reservatório
1	485519	7949213	Pastagem
2	486185	7948808	Cidade
3	486640	7948498	Cidade
4	486925	7948243	Cidade
5	487675	7947621	Pedreira
6	488426	7947118	Estação de tratamento
7	488491	7946729	Estação de tratamento
8	488949	7946182	Pastagem e vegetação arbórea
9	488627	7945782	Pastagem
10	489195	7945132	Pastagem
11	490105	7944758	Vegetação arbórea
12	489919	7944127	Vegetação arbórea
13	490424	7943719	Pastagem e vegetação arbórea
14	490604	7943368	Pastagem
15	490206	7943016	Pastagem
16	491022	7942855	Vegetação rasteira
17	493214	7942243	Vegetação arbórea
18	492287	7941660	Pastagem
19	492218	7940414	Pastagem
20	493632	7939424	Pastagem
21	494554	7938590	Pastagem
22	496265	7938418	Vegetação arbórea
23	495705	7936587	Pastagem
24	496517	7935618	Agricultura e pastagem

25	496811	7934550	Agricultura e pastagem
26	497517	7933634	Agricultura e pastagem
27	498040	7932236	Agricultura
28	498507	7932781	Agricultura e pastagem
29	498537	7931234	Agricultura e pastagem
30	498042	7931229	Agricultura e pastagem
31	496882	7932804	Pastagem
32	496351	7934269	Pastagem
33	495504	7935716	Vegetação arbórea
34	492928	7937077	Pastagem
35	493469	7938107	Agricultura e pastagem
36	493220	7938492	Agricultura e pastagem
37	492132	7939627	Agricultura
38	490257	7940344	Agricultura e pastagem
39	491085	7940949	Pastagem

Fonte: dados da pesquisa (2017)

Para analisar os dados físicos e químicos das águas do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros e avaliar o grau de associação e interferência entre as variáveis, realizou-se regressão linear entre os parâmetros por meio de tabelas e gráficos estatísticos. Para realizar a correlação linear dos dados limnológicos estudados, aplicou-se a proposta de Santos (2007), que estabeleceu intervalos de correlação que variam de +1 a -1 (Quadro 02).

A raiz quadrada do coeficiente de determinação (r^2) pode ser testada estatisticamente, pois está incluída em uma estatística de teste que é distribuída segundo uma distribuição "t" (KAZMIER, 1982). Dessa forma, foi utilizado o teste t de hipótese de Student para analisar o grau de significância do coeficiente de correlação, usando-se o nível de significância de 95 %, com grau de liberdade n-2.

Quadro 02 – Intervalos do coeficiente de correlação linear

Coeficiente de correlação	Correlação
$r = 1$	Perfeita positiva
$0,7 \leq r < 1$	Forte positiva
$0,4 \leq r < 0,7$	Moderada positiva
$0,1 \leq r < 0,4$	Fraca positiva
$0 < r < 0,1$	Ínfima positiva
0	Nula
$-0,1 < r < 0$	Ínfima negativa
$-0,4 < r \leq -0,1$	Fraca negativa
$-0,7 < r \leq -0,4$	Moderada negativa
$-1 < r \leq -0,7$	Forte negativa
$r = -1$	Perfeita negativa

Fonte: adaptado de Santos (2007) e Barcelos *et al.* (2017)

O modelo matemático do Inverso do Quadrado da Distância (IDW) foi utilizado para espacializar os dados, pois o IDW é um método de interpolação, sendo um dos mais usados para pontos espalhados espacialmente, de forma que os pontos amostrados são estimados com os valores ao seu redor, em que os mais próximos têm peso maior do que os pontos mais distantes (VARGAS *et al.*, 2019).

Dados das variáveis da qualidade da água, primeiramente, foram organizados em planilhas eletrônicas no *software* Excel, em seguida foram gerados os mapas, utilizando o método do IDW, na ferramenta Geoestatística do *software* ArcGIS 10.6.1, licenciado pelo Laboratório de Geoinformação da UFJ.

As estimativas das variáveis, Potencial Hidrogeônico (pH), Total de Sólidos Dissolvido (TSD), Demanda de Oxigênio (DO %) e Temperatura da água (T °C) foram realizadas *in situ*, com uso da Sonda Multiparâmetro, marca Oakton, modelo PCD650.

As análises do fósforo (P) foram realizadas no Laboratório de Geociências Aplicadas (LGA) da UFJ, para as quais foi utilizado o método Vanadomolibdico fotocolorímetro. Para leitura das amostras, utilizou-se o aparelho multiparâmetro AT100, da Alfabik.

3. RESULTADOS

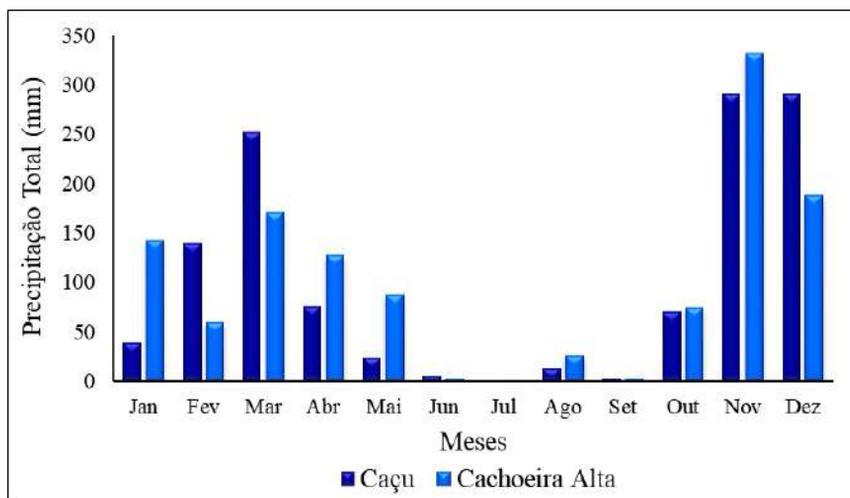
3.1. ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL DO ANO DE 2017

Para compreender como se deu a distribuição da precipitação na área de influência direta do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros, foram selecionadas duas estações pluviométricas, que são coordenadas pela Agência Nacional de Água (ANA), localizadas a montante do reservatório no município de Caçu, nas coordenadas latitude -18,54 e longitude -51,14, e a jusante no município de Cachoeira Alta, nas coordenadas latitude -18,73 e longitude -51,00.

A partir das análises dos dados de precipitação das duas estações pluviométricas, verificou-se que a estação de Caçu registrou uma precipitação em torno de 1,080 mm anual e a estação de Cachoeira Alta registrou 965,1 mm anual. No mês de dezembro, a estação de Caçu, a montante do reservatório, registrou valores mais elevados de precipitação, em torno de 290,8 mm.

Por outro lado, a estação de Cachoeira Alta, a jusante do reservatório, registrou, no mês de novembro, 331,5 mm de precipitação. No período seco, compreendido de abril a setembro, verificou-se que as estações a montante e a jusante do reservatório não registraram precipitação nos meses de julho e setembro (Gráfico 01).

Gráfico 01 – Precipitação pluviométrica das estações de Caçu e Cachoeira Alta do ano de 2017



Fonte: organizado por Gomes (2019) com dados da ANA (2017)

Os resultados de precipitação verificados nas duas estações pluviométricas da área de influência direta do reservatório de Barra dos Coqueiros estão em conformidade com a classificação de Köppen (1948) para a região do Centro-Oeste do Brasil, que apresenta clima tropical chuvoso (Aw), o que está de acordo com estudos realizados por Mariano (2005), Lima e Mariano (2014), Lopes e Mariano (2018), que também apresentaram dois períodos distintos: menos chuvoso, de maio a setembro, e chuvoso, de outubro a abril.

Na Tabela 01, apresentam-se os índices da precipitação referentes aos últimos sete dias que antecederam às duas coletas de água no reservatório da Usina Hidrelétrica Barra dos Coqueiros (UHEBC), nos meses de janeiro e julho. No mês de janeiro, nas duas estações (Caçu e Cachoeira Alta), registraram-se valores de precipitação bem semelhantes, respectivamente 6,7 e 6,5 mm. No mês de julho, período menos chuvoso para a região, não foi

registrada precipitação nas duas estações pluviométricas nos sete dias que antecederam a coleta de água no reservatório.

Observa-se que, em janeiro, o volume de chuvas foi maior do que em julho, o que é esperado devido ao clima característico do Cerrado, sendo o período menos chuvoso, com baixa precipitação pluvial, indicando pouca interferência no escoamento superficial para o ambiente de reservatórios (CABRAL *et al.*, 2013; BRAGA *et al.*, 2018).

Tabela 01 – Precipitação pluviométrica das estações analisadas dos últimos sete dias que antecederam à coleta de água no reservatório da UHE Barra dos Coqueiros (GO)

1º Campo janeiro/2017	Estação Caçu	Estação Cachoeira Alta	2º Campo julho/2017	Estação Caçu	Estação Cachoeira Alta
24/01/2017	0,75	0,75	05/07/2017	0	0
23/01/2017	1,00	0,75	04/07/2017	0	0
22/01/2017	0,75	0,50	03/07/2017	0	0
21/01/2017	0,75	0,75	02/07/2017	0	0
20/01/2017	1,00	0,75	01/07/2017	0	0
19/01/2017	0,75	0,75	30/06/2017	0	0
18/01/2017	1,00	1,00	29/06/2017	0	0
17/01/2017	0,75	1,25	28/06/2017	0	0
Total	6,75	6,50	Total	0	0

Fonte: organizado por Gomes (2019) com dados da Agência Nacional das Águas (ANA) (2017)

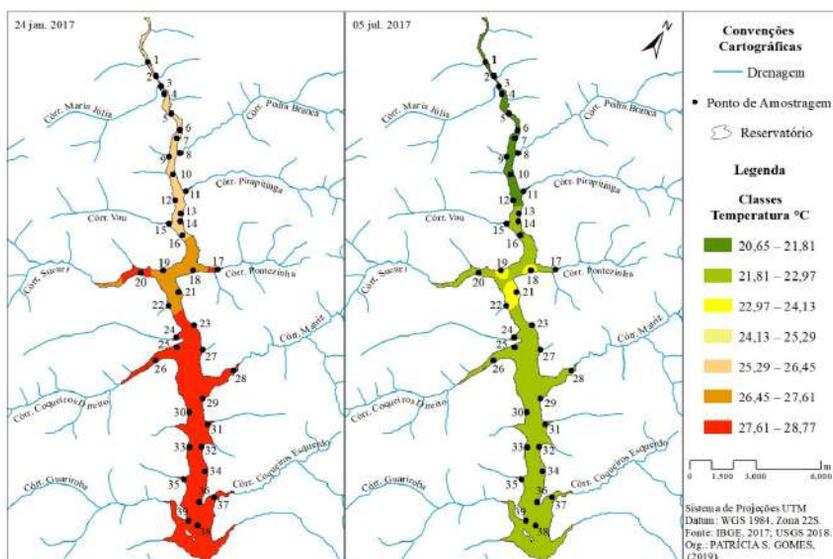
3.2. ANÁLISE DAS VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS DAS ÁGUAS

O ambiente aquático está largamente distribuído por todo o globo e é essencial para a vida, visto que nenhum processo metabólico acontece sem a sua ação direta ou indireta (ESTEVES, 1998).

O estudo da limnologia envolve, atualmente, lagos de água doce e lagos salinos no interior dos continentes, rios, estuários, represas, áreas alagadas, pântanos e todas as interações físicas, químicas e biológicas, de forma que, por meio desses parâmetros, é possível compreender seu funcionamento e as alterações causadas nesses ecossistemas (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2008).

Nesse sentido, para analisar a qualidade das águas do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros, foram selecionados alguns parâmetros físicos e químicos, entre os quais se encontra a temperatura da água, que é uma variável importante para o meio aquático, que se relaciona e interfere com outras variáveis, influenciando os vários processos físicos, químicos e biológicos do corpo hídrico (ESTEVES, 1998). A Resolução CONAMA nº 357/2005 não estabelece um padrão de valores máximos e mínimos para a temperatura da água (BRASIL, 2005).

Figura 02 – Temperatura da água da UHEBC nos campos de janeiro e julho/2017



Fonte: organizado por Gomes (2019) com dados do SIEG (2019)

A temperatura da água no reservatório da UHEBC (Figura 02) apresentou uma variação uniforme em todos os pontos de coleta no decorrer do dia e das estações do ano. No mês de janeiro, estação de verão e período chuvoso, as águas do reservatório apresentaram temperaturas mais elevadas, sendo o maior valor de 28,77 °C, encontrado no ponto de amostragem 35.

No mês de julho, estação de inverno e período menos chuvoso, registrou-se a menor temperatura da água, que foi 20,65 °C, nos pontos de amostragem de 4 a 7. Tais valores estão compatíveis com as estações analisadas quando comparados a estudos em outros reservatórios localizados na bacia do rio Claro, como os realizados por Nogueira *et al.* (2015) e Rocha *et al.* (2015).

Especialmente, é possível verificar na Figura 02 que as maiores temperaturas na coleta do dia 05 de julho de 2017 (período menos chuvoso) ocorreram no córrego Pontezinha, área de influência dos pontos 18, 19, 21 e 22. Em 24 de janeiro de 2017 (período chuvoso), as maiores temperaturas foram detectadas entre os pontos 23 e 39, o que se justifica pela medição da temperatura ter sido realizada em horários distintos, pois, durante o dia, há menor incidência de radiação solar pela manhã do que no período da tarde, razão pela qual a temperatura da água do reservatório pode sofrer variações ao longo do dia (BARCELOS *et al.*, 2012).

Outra variável de interferência direta na qualidade da água refere-se ao potencial Hidrogeniônico (pH), que se relaciona com as propriedades químicas e geoquímicas da bacia hidrográfica, além de sofrer influência de processos biológicos, como a fotossíntese e a decomposição de organismos (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2008).

O pH é uma das variáveis ambientais mais importantes para indicação da qualidade da água, mas é de difícil interpretação (ESTEVES, 1998). São diversos os fatores que podem influenciar a interpretação dos valores de pH. No que tange ao aumento do pH em água, uma das possibilidades está relacionada às características físicas da formação geológica e à composição do solo no

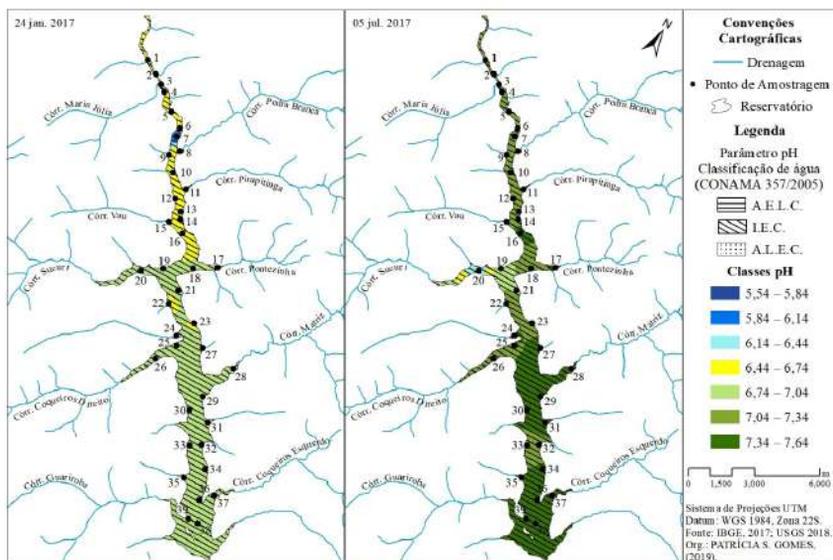
ambiente estudado, causado pela concentração de íons dissociados do ácido carbônico em águas naturais, assim como estudo apresentado por Rocha, Cabral e Braga (2014).

A Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece que os valores do pH para as águas destinada ao consumo humano devem ficar entre 6 e 9. No mês de janeiro, as águas do reservatório apresentaram pH de 5,5 próximo à área de influência do córrego Pedra Branca, ponto 7 (Figura 03), valor que é considerado ácido, segundo a Resolução.

Para Esteves (1998), os valores ácidos do pH das águas podem estar associados às elevadas concentrações de ácidos orgânicos dissolvidos, de origem alóctones e autóctones. Os valores de pH no reservatório da UHEBC justificam-se pelo tipo de solo existente na bacia, que são considerados ácidos e são originados da decomposição das rochas basálticas da Formação Serra Geral e rochas areníticas da Formação Vale do Rio do Peixe.

Outro fator que pode estar contribuindo com a acidez da água pode estar relacionado com o lançamento de efluentes da estação de tratamento que se encontra na área de influência do ponto 7. Resultados semelhantes podem ser vistos em estudos de Rocha *et al.* (2015) e Barcelos *et al.* (2017). No mês de julho, o pH das águas do reservatório ficou em torno de 7,6, mantendo os valores dentro do limite estabelecido pela CONAMA nº 357/2005 (Figura 03).

Figura 03 – Potencial Hidrogeniônico da água da UHEBC nos campos de janeiro e julho/2017

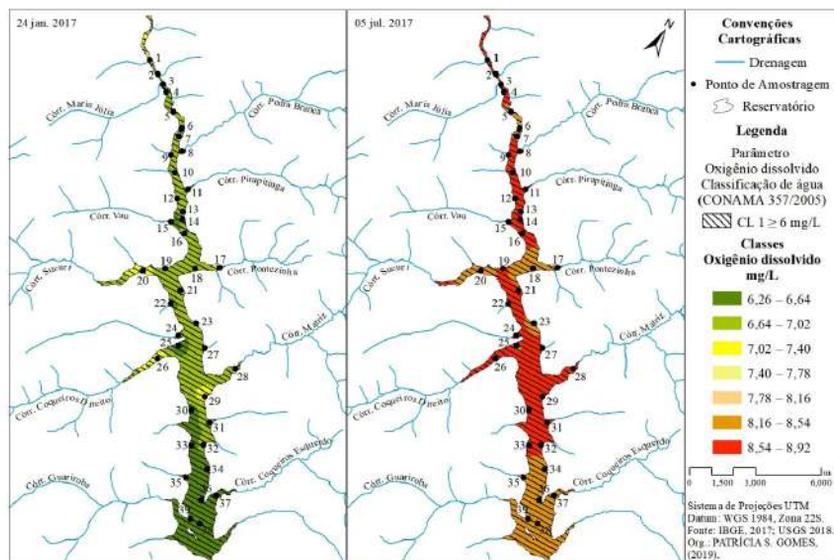


Legenda: AELC= Abaixo do estabelecido pela legislação CONAMA 357/2005;
IEC= Índice estabelecido pela CONAMA 357/2005;
ALEC= Acima da legislação estabelecida pela CONAMA 357/2005.
Fonte: organizado por Gomes (2019) com dados do SIEG (2019)

De acordo com Esteves (1998), por ser um gás, o oxigênio dissolvido é um dos parâmetros que sofre uma das maiores variações diárias, pois está ligado aos processos de fotossíntese, à respiração dos organismos e à decomposição da matéria orgânica dos ambientes aquáticos.

Com base nos resultados obtidos de Oxigênio Dissolvido (OD) das águas da UHEBC, os valores variaram de 6,26 a 7,40 mg/L no mês de janeiro de 2017, e 7,40 a 8,92 mg/L no mês de julho (Figura 04). Esses dados estão em consonância com a Resolução CONAMA nº 357/2005.

Figura 04 – Concentração de oxigênio dissolvido na água da UHEBC nos campos de janeiro e julho/2017



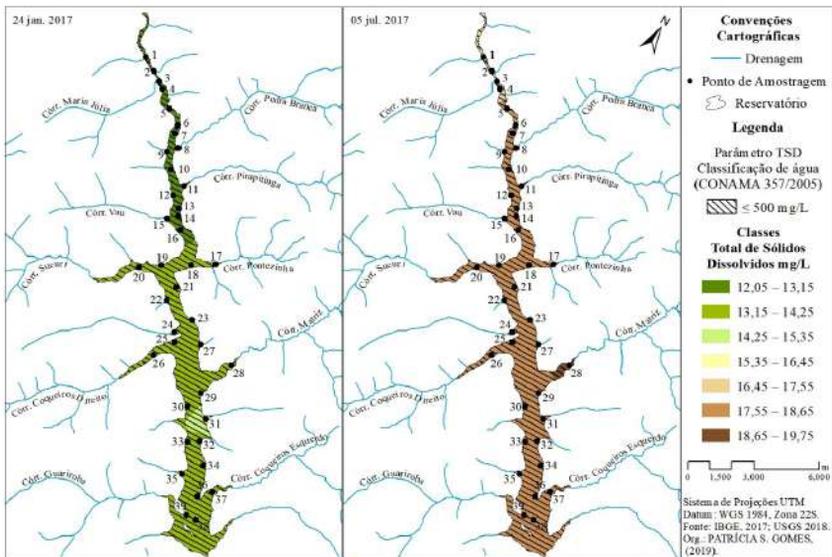
Fonte: organizado por Gomes (2019) com dados do SIEG (2019)

Observa-se que os menores valores de OD mg/L ocorreram no mês de janeiro, resultados que podem estar relacionados a um maior escoamento superficial, principalmente pela compactação do solo nas áreas de pastagem, locais de dessedentação animal às margens do reservatório, à decomposição de matéria orgânica, à perda de oxigênio, pela fotossíntese das plantas e animais aquáticos, conforme estudos realizados por Esteves (1998), Tundisi e Matsumura-Tundisi (2008) e Rocha *et al.*, (2015) em ambientes lacustres.

De acordo com Tundisi e Matsumura-Tundisi (2008) e Barcellos *et al.* (2017), o TSD origina-se das características geoquímicas do solo e das rochas que constituem os substratos das bacias hidrográficas, que drenam para rios e lagos. O TSD inclui todos os sais presentes na água, e os componentes não iônicos, medidos pelo conteúdo total de carbono dissolvido.

Na Figura 05, observa-se que os valores de TSD na água do reservatório estão dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº357/2005, sendo que níveis elevados da concentração de total de sólidos dissolvidos tornam a água inadequada para o consumo humano (FERREIRA; PEREIRA FILHO; ROSA, 2012).

Figura 05 – Total de sólidos dissolvido na água da UHEBC nos campos de janeiro e julho/2017



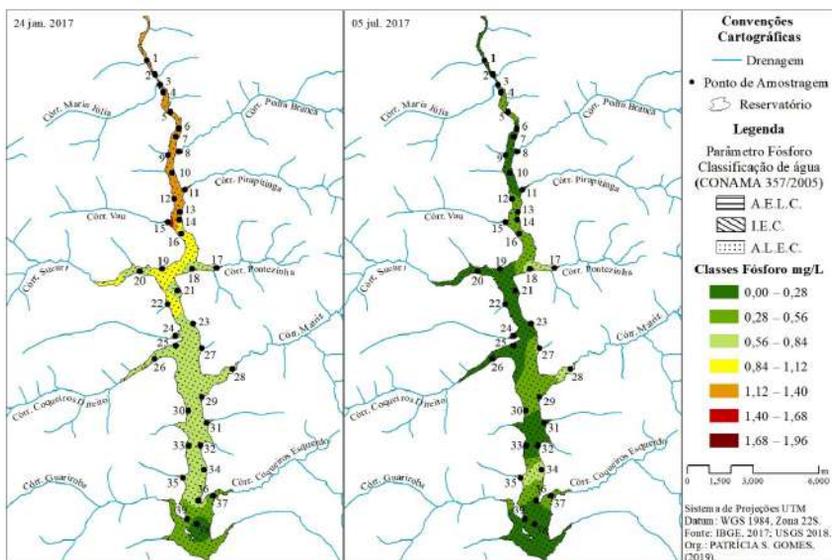
Fonte: organizado por Gomes (2019) com dados do SIEG (2019)

A partir da análise dos dados, entre os campos de janeiro e julho, para a variável TSD em mg/L, verificou-se que os valores tiveram uma variação entre 12,05 e 19,75 mg/L (Figura 05). Os dados de TSD, entre os dois períodos de análise, apresentam-se em acordo com os valores estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, que determina o padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano, em que a concentração de TSD deve ficar abaixo de 500 mg/L para todas as classes de águas doces.

No período chuvoso, foram obtidas as menores concentrações de TSD, valores que podem ser explicados devido à chuva ter efeito diluidor e, dessa forma, ao aumentar a vazão, tem-se uma redução nos valores de TSD. Nesse sentido, no mês de janeiro, foram detectados os valores mais baixos de TSD, enquanto que em julho houve um aumento.

Para os resultados de fósforo nas águas do reservatório da UHEBC (Figura 06), o mês que apresentou maior concentração foi janeiro, entre os pontos 1 a 15, chegando a valores de até 1,96 mg/L. Esses elevados valores podem estar relacionados com a precipitação no mês de janeiro, conforme apresentado no Gráfico 01 de precipitação das duas estações na bacia da UHEBC.

Figura 06 – Fósforo (mg/L) na água da UHEBC nos campos de janeiro e julho/2017



Legenda: AELC= Abaixo do estabelecido pela legislação CONAMA 357/2005;

IEC= Índice estabelecido pela CONAMA 357/2005;

ALEC= Acima da legislação estabelecida pela CONAMA 357/2005.

Fonte: organizado por Gomes (2019) com dados do SIEG (2019)

Os valores de fósforo do mês de janeiro estão bem acima dos estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, que estabelece valores para as classes de água, sendo Classe I \leq a 0,020, Classe II \leq 0,030, classe III valores \geq 0,075, para ambientes intermediários, com tempo de residência de 2 a 40 dias e tributários diretos de ambientes lênticos.

Os prováveis fatores das elevadas concentrações de fósforo na UHEBC podem estar relacionados com as atividades agropastoris, pois os nutrientes aplicados por meio de adubações concentram-se na superfície e associam-se às partículas do solo, que, com maior índice de precipitação pluviométrica durante o período chuvoso, contribuem para um maior lixiviamento do solo, proporcionando um maior escoamento superficial para o ambiente aquático (BERTOL *et al.*, 2004; FREITAS; RIGHETTO; ATTAYDE, 2011; ROCHA *et al.*, 2019).

3.3. ANÁLISE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON

Por meio da análise de Correlação de Pearson, foi possível verificar a relação entre os parâmetros físicos e químico das águas, obtendo-se as melhores correlações durante o período chuvoso (maior índice pluviométrico) e durante o período menos chuvoso (menor índice pluviométrico) (Tabela 02).

Tabela 02 – Correlação de Pearson

		T°C	pH	OD	TDS	P
Período Chuvoso	T°C	1				
	pH	0,639	1			
	OD	-0,152	-0,057	1		
	TSD	0,924	0,563	-0,355	1	
	P	-0,818	-0,525	0,103	-0,778	1
Período Menos Chuvoso	T°C	1				
	pH	0,057	1			
	OD	-0,272	0,013	1		
	TSD	0,494	0,072	-0,471	1	
	P	0,012	0,317	-0,277	0,219	1

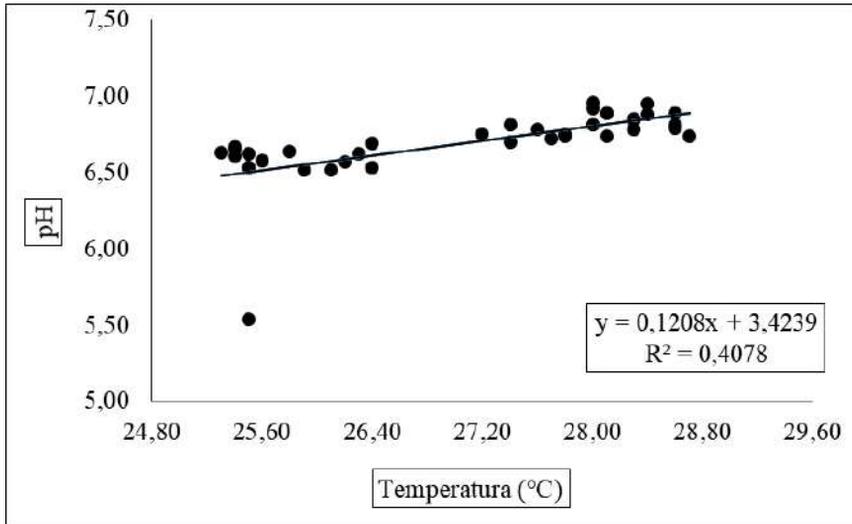
Legenda: T°C - Temperatura da Água; pH - Potencial Hidrogeniônico; OD - Oxigênio Dissolvido; TSD - Totais de Sólidos Dissolvidos; P – Fósforo

Fonte: organizado por Gomes (2019), com dados da pesquisa (2017)

A correlação entre pH e temperatura da água (Gráfico 02) pode ser classificada, de acordo com a correlação de Pearson, como moderada positiva, indicando que 64 % dos dados se alinharam na linha de tendência. A linha de tendência do ponto 7, que está mais disperso, justifica-se por ser o ponto onde são lançados os efluentes da estação de tratamento de esgoto da cidade de Caçu.

Nesse local, ocorre decomposição do material orgânico pelas algas, o que contribui com a redução da concentração de oxigênio dissolvido e formação de gás sulfídrico, diminuindo, conseqüentemente, o pH (ESTEVES, 1998; TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2008).

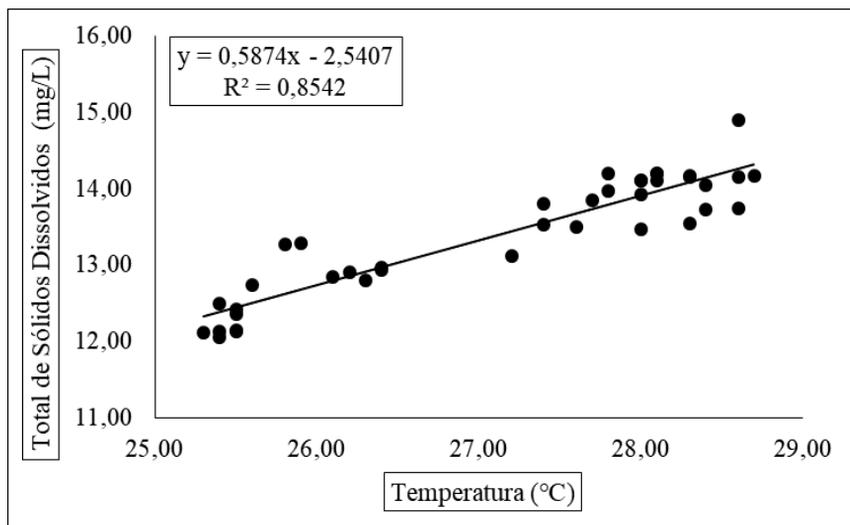
Gráfico 02 – Análise de correlação de Pearson do pH e temperatura (°C) da água do mês de janeiro de 2017



Fonte: os autores (2019)

A correlação entre TSD e Temperatura da água (Gráfico 03) foi classificada como forte positiva, indicando que 92 % dos dados se ajustaram à linha de tendência no gráfico de dispersão, demonstrando que, quando a temperatura da água aumenta, há um aumento na mesma proporção do TSD. Esse aumento da temperatura da água pode estar relacionado com o decorrer do dia, em que, a cada hora, há uma elevação da temperatura. Essa correlação pode estar diretamente ligada à concentração de íons na solução aquosa (FEITOSA *et al.*, 2008; ROCHA; CABRAL; BRAGA, 2014).

Gráfico 03 – Análise de correlação de Pearson do TSD (mg/L) e temperatura (°C) da água no mês de janeiro de 2017



Fonte: os autores (2019)

No Gráfico 04, apresenta-se uma correlação forte negativa que ocorreu entre os parâmetros de fósforo e temperatura da água, indicando que cerca de 82 % dos dados se ajustaram à linha de tendência. Os dados mostram que, quando a temperatura aumenta, há uma diminuição do fósforo.

Essa forte correlação entre as variáveis nas águas do reservatório da UHEBC no período chuvoso pode ser associada ao uso de fertilizantes fosfatados em áreas agrícolas (BERTOL *et al.*, 2004; BRAGA *et al.*, 2018), que são carreados pelo escoamento superficial para o reservatório, e o despejo de efluentes da estação de tratamento de esgoto da cidade de Caçu, que se localiza no ponto 7.

Gráfico 04 – Análise de correlação de Pearson do Fósforo (mg/L) e temperatura (°C) da água no mês de janeiro de 2017

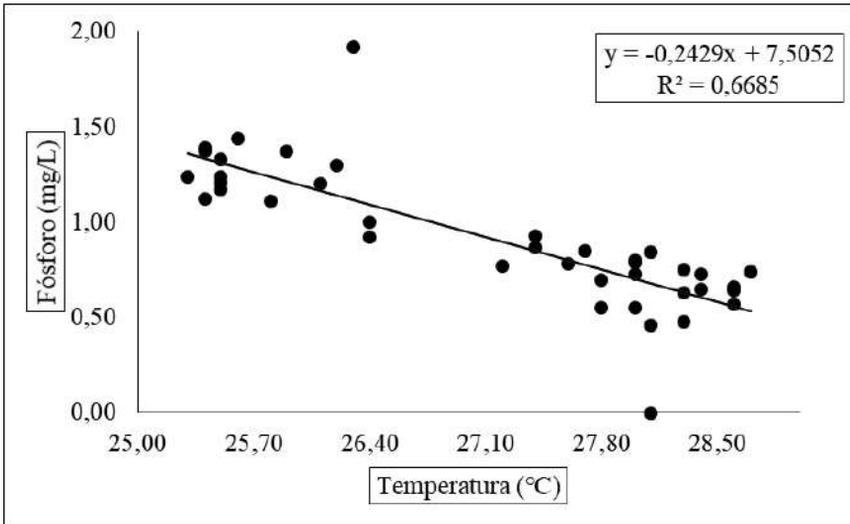
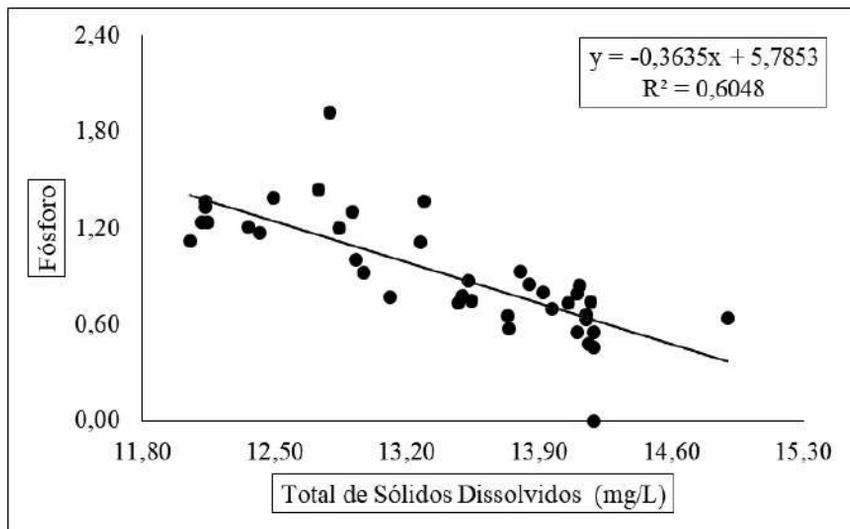


Gráfico 05 – Análise de correlação de Pearson do Fósforo (mg/L) e TSD (mg/L) no mês de janeiro de 2017



Fonte: os autores (2019)

A análise das correlações de Pearson possibilitou identificar as melhores variáveis para a correlação dos dados limnológicos, sendo que as melhores correlações foram obtidas durante o período chuvoso.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos das variáveis físico-químicas possibilitaram avaliar a qualidade da água na UHEBC, cujos dados, para os dois períodos de coleta (chuvoso e menos chuvoso), foram analisados por meio da espacialização IDW e da correlação de Pearson.

O predomínio de uso e ocupação das terras da bacia dá-se, principalmente, pelas atividades agrícolas. As alterações dos resultados sobre a qualidade das águas detectadas entre os pontos 6 e 10 podem estar associadas ao lançamento de efluentes da

Estação de Tratamento de esgoto da cidade de Caçu, de forma que, em relação ao P, a Resolução CONAMA nº 357/2005 classifica as águas como de classe III aquelas que apresentam valores $\geq 0,075$ para esses pontos.

As melhores correlações entre as variáveis limnológicas ocorreram no período chuvoso, quando aumenta o escoamento superficial e ocorre maior concentração de íons, pela dissolução das rochas e do solo. Os parâmetros que apresentaram as melhores correlações foram temperatura da água e pH, temperatura da água e TSD. No período menos chuvoso, esses parâmetros apresentaram baixa correlação.

Em relação aos dados analisados, entre os dois períodos, os parâmetros TSD e pH apresentaram níveis mais elevados no mês de julho, em que os valores de TSD variaram de 12,05 a 19,75 mg/L, estando dentro do estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, que estabelece que a concentração de TSD deve ficar abaixo de 500 mg/L para todas as classes de águas doces. O pH, durante o período menos chuvoso, ficou dentro do estabelecido pela CONAMA nº 357/2005, enquadrando-se na Classe I, ficando entre 6 e 9. Já o P apresentou valores mais elevados no período chuvoso, indicando que a sazonalidade interfere diretamente nesse parâmetro.

Diante dos resultados analisados nesta pesquisa, verificou-se que os parâmetros físico-químicos das águas são fundamentais para o planejamento e monitoramento da qualidade da água de rios e reservatórios. No entanto, é essencial a realização de novos estudos para ampliar o leque de informações, de forma que seja facilitado o entendimento das possíveis alterações na qualidade das águas.

5. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Edital CAPES 071/2013 – Processo número 88881.068465/2014-01.

6. LISTA DE SIGLAS

AELC – Abaixo do estabelecido pela legislação CONAMA

ALEC – Acima da legislação estabelecida pela CONAMA

ANA – Agência Nacional das Águas

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

GO – Goiás

IDW – Inverse Distance Weighting

IEC – Índice estabelecido pela CONAMA

LGA – Laboratório de Geociências Aplicadas

MW – Megawatts

OD – Oxigênio Dissolvido

P – Fósforo

pH – Potencial Hidrogeniônico

PROCAD – Programa Nacional de Cooperação Acadêmica

R² – Coeficiente de Determinação

T – Temperatura da Água

TSD – Total de Sólidos Dissolvidos

UFJ – Universidade Federal de Jataí

UHE – Usina Hidrelétrica

UHEBC – Usina Hidrelétrica Barra dos Coqueiros

7. REFERÊNCIAS

ANA. Agência Nacional das Águas. **Hidroweb**. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/mapa>. Acesso em: 22 ago. 2019.

ARAÚJO, D. R.; MENDONÇA, A. S. F.; REIS, J. A. T. Análise de variação e comparação de índices de estado trófico: reservatórios dos aproveitamentos hidrelétricos de Rio Bonito e Suíça. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, n. 1, p. 55-62, fev. 2018.

BARBOSA, T.; FURRIER, M.; SOUSA, A. Antropogeomorfologia do município de Cabedelo – Paraíba, Brasil. **Revista de Geografia e Ordenamento do Território (GOT)**, n. 13, p. 59-83, jun. 2018.

BARCELOS, A. A. *et al.* Caracterizações físicas e químicas das águas dos afluentes da UHE Caçu. **Revista Geonorte**, Manaus, v. 3, n. 6, p. 739-749, nov. 2012.

BARCELOS, A. A. *et al.* Diagnóstico da qualidade das águas do córrego Sucuri (Caçu-Goiás). **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 10, n. 4, p. 1312-1328, 2017.

BERTOL, I. *et al.* Perdas de fósforo e potássio por erosão hídrica em um inceptisol sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 485-494, jun. 2004.

BRAGA, C. C. *et al.* Qualidade dos sedimentos em relação à presença de metais pesados no reservatório da usina hidrelétrica de Caçu – GO. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 11, n. 3, p. 959-972, 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 1997. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm. Acesso em: 18 fev. 2020.

BRITTO, F. P.; BARLETTA, R.; MENDONÇA, M. Variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial no Rio Grande do Sul: influência do fenômeno El Niño oscilação sul. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 3, p. 37-48, ago. 2008.

CABRAL, J. B. P. *et al.* Diagnóstico Hidrossedimentológico do Reservatório da UHE Caçu – GO. **Geofocus** (Madrid), n. 13-1, p. 25-37, 2013.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução CONAMA nº 357**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2019.

CRUZ, H. C.; FABRIZY, N. L. P. Impactos ambientais de reservatórios e perspectivas de uso múltiplo. **Revista Brasileira de Energia**, v. 4, n. 1, p. 1-7, 1995.

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

FEITOSA, F. A. C. *et al.* (org.). **Hidrologia: conceitos e aplicações**. 3. ed. Rio de Janeiro: CPRM: LABHID, 2008.

FERREIRA, A. B.; PEREIRA FILHO, W.; ROSA, R. Análise comparativa de variáveis limnológicas em três sub-bacias hidrográficas na região central do Rio Grande do Sul-Brasil. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 13, n. 41, p. 15-28, 2012.

FREITAS, F. R. S.; RIGHETTO, A. M.; ATTAYDE, J. L. Cargas de Fósforo total e material em suspensão em um reservatório do Semiárido Brasileiro. **Oecologia Australis**, v. 15, n. 3, p. 655-665, 2011.

KAISER, E. A.; SANTOS, F. C.; PEREIRA FILHO, W. Influência da precipitação pluviométrica e uso da terra em variáveis limnológicas do reservatório da usina Hidrelétrica Ernestina, RS. **Geofocus**, Madrid, n. 16, p. 3-22, 2015.

KAZMIER, L. J. **Estatística aplicada à Economia e Administração**. São Paulo: Makron Books, 1982.

KÖPPEN, W. **Climatologia**. Buenos Aires: Fondo de Cultura, 1948.

LIMA, A. M.; MARIANO, Z. F. Análise microclimática no interior e fora das florestas estacionais semidecíduais na área da bacia da usina Hidrelétrica de Caçu – GO. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 27, p. 67-87, 2014.

LOPES, R. M.; MARIANO, Z. F. Análise dos episódios de verão e inverno na área de influência dos reservatórios Caçu e Barra dos Coqueiros – GO. **Geoambiente on-line**, n. 30, p. 198-213, 2018.

MARIANO, Z. F. **A importância da variável climática na produtividade da soja no sudoeste de Goiás**. 2005. 228 f. Tese (Programa de Pós-graduação em Geografia) –Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2005.

NOGUEIRA, P. F. *et al.* Eutrofização no reservatório da UHE Foz do Rio Claro (GO). **Revista do Departamento de Geografia**, v. 30, p. 19-33, 2015.

ROCHA, H. M. *et al.* Avaliação físico-química e microbiológica das águas da bacia hidrográfica do rio Paraíso Jataí-GO. **Geosul**, Florianópolis, v. 34, n. 72, p. 51-74, 2019.

ROCHA, H. M.; CABRAL, J. B. P.; BRAGA, C. C. Avaliação espaço-temporal das águas dos afluentes do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros/Goiás. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 19, n. 1, p.131-142, 2014.

ROCHA, I. R. *et al.* Avaliação sazonal das águas do reservatório da usina hidrelétrica Caçu no município de Caçu, Goiás. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 29, p. 137-160, 2015.

SANTOS, C. **Estatística descritiva**: manual de autoaprendizagem. Lisboa: Edições Sílabo, 2007.

SIEG. Sistema Estadual de Estatísticas e Informações Geográficas de Goiás. **SIEG Mapas**. Disponível em: <http://www.sieg.go.gov.br/siegddownloads/>. Acesso em: 26 jul. 2019.

SILVA, A. E. P. *et al.* Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. **Acta amazônica**, v. 38, n. 4, p. 733-742, 2008.

SOUZA, P. F. G.; COSTA, C. R.; COSTA, M. F. Diagnóstico da qualidade da água da bacia do Rio Goiana. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 6, n. 1, p. 2-15, 2019.

TRINDADE, P. B. C. B.; MENDONÇA, A. S. F. Eutrofização em reservatórios - Estudo de caso: reservatório de rio Bonito (ES). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 275-282, 2014.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

VARGAS, T. et al. Aplicação do interpolador IDW para elaboração de mapas hidrogeológicos paramétricos na região da Serra Gaúcha. **Scientia cum Industria**, v. 6, n. 3, p. 38-43, 2019.

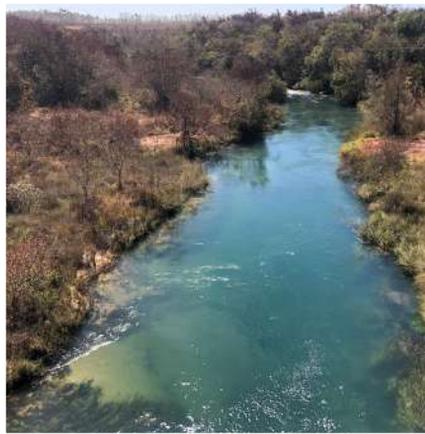
VASCONCELOS, F. M.; TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Avaliação da qualidade de água** – Base tecnológica para a gestão ambiental. Belo Horizonte – MG: SMEA, 2009.

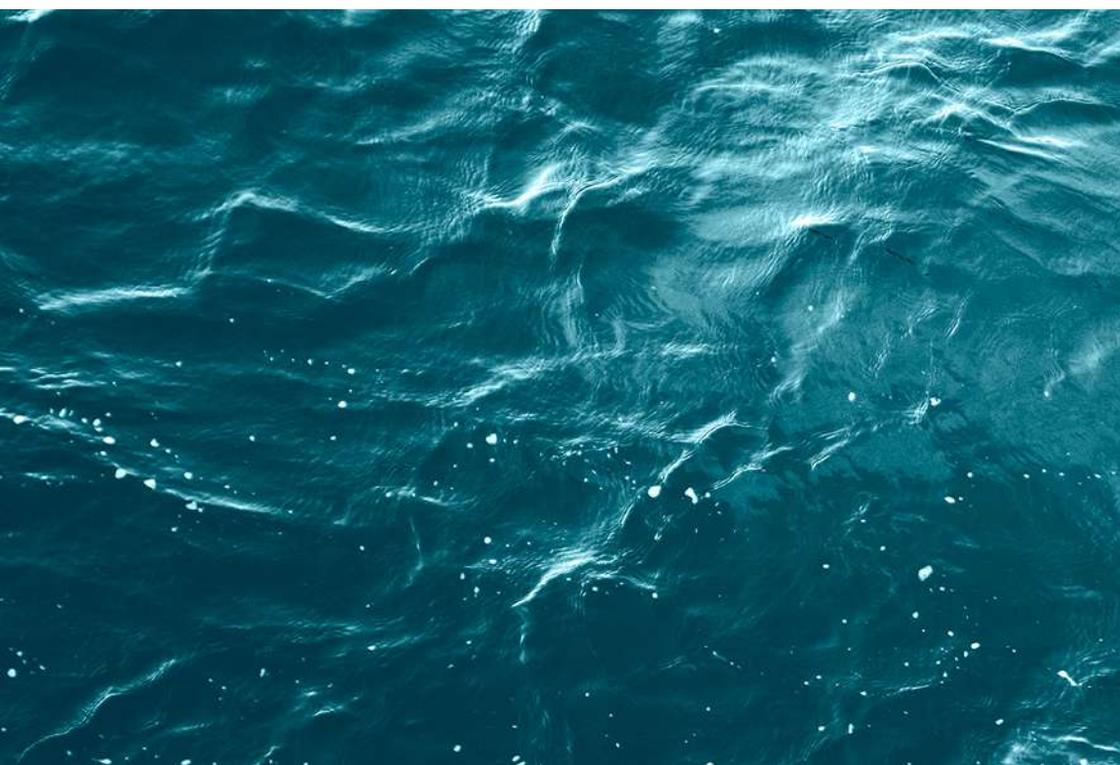
VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte – MG: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. v.1. 452 p.

WACHHOLZ, F. Alterações espectrais nas imagens de satélite nos reservatórios das Usinas Hidrelétricas Caçu e Barra dos Coqueiros – GO. **Revista Geonorte**, v. 2, n. 4 p. 1170-1179, 2012.

YOKOYAMA, E. et al. A sazonalidade ambiental afeta a composição faunística de Ephemeroptera e Trichoptera em um riacho de Cerrado do Sudeste do Brasil? **Ambiência**, Guarapuava, v. 8, n. 1, p. 73-84, 2012.

TERCEIRA PARTE paisagem





CAPÍTULO 12

FRAGMENTOS FLORESTAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO JACUÍ/RS

Patrícia Ziani

Douglas Stefanello Facco

Eliane Maria Foletto

Cássio Arthur Wollmann

Resumo

O Bioma Mata Atlântica é um dos biomas brasileiros que mais sofrem desmatamento desde a colonização. Após séculos de exploração e usos inadequados, restaram, ao longo do território brasileiro, cerca de 22 % da cobertura original. Diante dessa situação de degradação em que se encontra esse Bioma e a sua relevância para a conservação da biodiversidade e para a qualidade de vida da população, no presente trabalho, o objetivo analisar os fragmentos florestais da bacia hidrográfica do Alto Jacuí por meio da espacialização e quantificação desses fragmentos, nos anos de 1987 e 2018, a fim de verificar sua transformação nesse período. Para isso, partiu-se do mapa de uso e cobertura da terra por meio da utilização de imagens dos satélites Landsat 5 TM (Thematic Mapper) do mês de março de 1987 e Landsat 8 OLI (Operational Land Imager) do mês de fevereiro de 2018. A floresta foi analisada em três classes: suprimidos, incorporados e manteve. Os resultados revelam que, durante estes 31 anos, houve uma transformação significativa na paisagem da bacia hidrográfica do Alto Jacuí vinculada, principalmente, à espacialização dos fragmentos florestais. Percebe-se que as áreas incorporadas estão vinculadas, principalmente, às áreas de preservação permanente e reserva legal, que possivelmente estão associadas à regularização ambiental em razão do Cadastro Ambiental Rural (CAR). Contudo, sobre a incorporação dessas novas áreas, alerta-se que estas estão associadas a crescentes áreas de silvicultura, com plantação, principalmente, de exóticas, como eucaliptos, e não de regeneração natural de vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica.

Palavras-chave

Bacia Hidrográfica. Bioma Mata Atlântica. Análise Multitemporal.

1. INTRODUÇÃO

O aumento do uso e a apropriação desenfreada dos recursos naturais pelos seres humanos têm ocasionado, no decorrer da história, constantes degradações ao meio ambiente, comprometendo a sua qualidade e, conseqüentemente, a qualidade de vida das pessoas. Entre essas degradações, pode-se destacar a supressão dos fragmentos de vegetação e a crise da água no mundo, o que faz com que sejam cada vez mais relevantes estudos relacionados à gestão e conservação desses recursos, a fim de compatibilizar sua utilização por meio de uma visão sistêmica do ambiente.

O Bioma Mata Atlântica é um dos biomas brasileiros que mais sofrem supressão dos fragmentos de vegetação, sendo alvo de grandes retiradas de sua cobertura vegetal desde a colonização. Após séculos de exploração, esses usos inadequados fizeram com que restassem, ao longo do território brasileiro, cerca de 22 % da cobertura original do Bioma Mata Atlântica, dos quais apenas 7 % encontram-se acima de 100 hectares, em bom estado de conservação (BRASIL, 2015).

No entanto, apesar de estar bastante reduzido e fragmentado, o Bioma Mata Atlântica é considerado uma das regiões mais ricas em biodiversidade do mundo, sendo elencado com um *hotspots*¹. Diante dessa situação de degradação em que se encontra o Bioma Mata Atlântica e a sua relevância, tanto para a conservação da biodiversidade como para a qualidade de vida da população, o Bioma Mata Atlântica foi reconhecido como Patrimônio Nacional, pela Constituição Federal Brasileira de 1988. Passou a incorporar, em 1991, a Rede Mundial de Reservas da Biosfera, que é organizada pela Organização das Nações Unidas para a Educação a Ciência e a Cultura (UNESCO), e, no ano de 2006, instituiu-se a Lei nº 11.428/2006, conhecida como Lei da Mata Atlântica, regulamentada pelo Decreto nº 6.660/2008, que regulamentou a proteção e o uso dos recursos da floresta.

Tais instrumentos e medidas visam combater essa degradação e assegurar a conservação desse importante bioma, que disponibiliza

diversos benefícios para a biodiversidade e qualidade de vida da população, por meio da prestação de serviços ambientais.

Nesse sentido, buscando contribuir, estudos estão sendo realizados, principalmente em nível de Bacias Hidrográficas, que permite uma visão mais integradora e sistêmica do meio ambiente. As Bacias Hidrográficas são “um tipo especial de sistema ambiental, em particular de geossistema, que pode ser definido como um espaço físico organizado de acordo com o escoamento de determinado fluxo hídrico” (RODRÍGUEZ; SILVA, 2013). Diante de suas condições e sua natureza dinâmica e interativa, as bacias hidrográficas constituem uma importante unidade geográfica natural para o planejamento e gerenciamento de recursos (FERNÁNDEZ *et al.*, 2008).

Christofoletti (1981, p. 19) já destacava que a bacia hidrográfica constitui “uma área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial, funcionando como um sistema aberto, em que ocorre a entrada e saída de energia e matéria”.

Rodríguez, Silva e Leal (2011, p. 112-113) pontuam que

a análise da bacia hidrográfica, desde a perspectiva sistêmica, de sustentabilidade e de complexidade, sustenta-se porque, a exemplo de casos dos recursos hídricos, a tarefa consiste em considerar e compreender as relações de arranjo espaço-temporal do papel da água como um recurso indispensável no funcionamento da biosfera, mas surgida e limitada dentro do complexo da esfera geográfica.

Diante disso, e da relevância que os fragmentos de vegetação têm na prestação de serviços ambientais, principalmente em bacias hidrográficas, na presente pesquisa, o objetivo é analisar os fragmentos florestais da bacia hidrográfica do Alto Jacuí, por meio da espacialização e quantificação, no ano de 1987 e em 2018 a fim de verificar sua transformação nesse período.

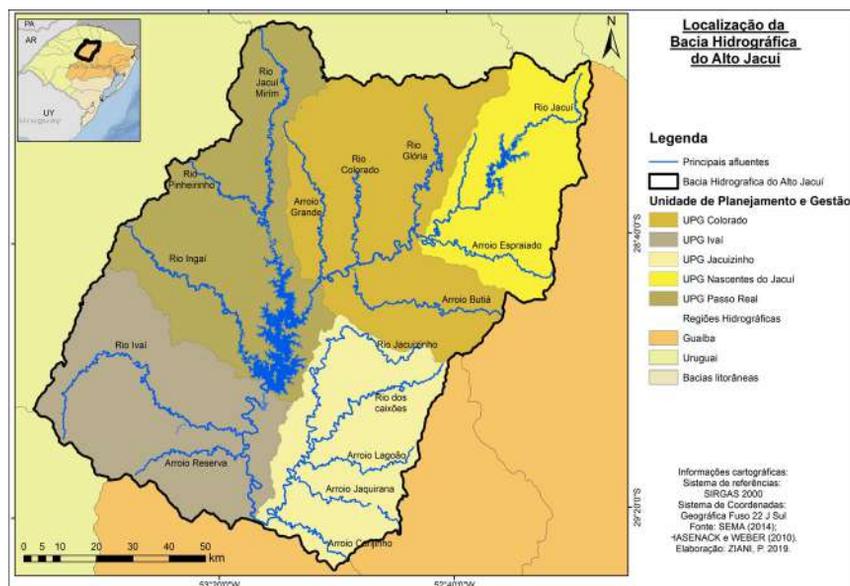
Para tanto, a utilização de geotecnologias e Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), aliadas ao uso do geoprocessamento

e sensoriamento remoto, têm sido ferramentas de suma importância na análise e interpretação do território e da paisagem. A análise multitemporal, por exemplo, permite a compreensão das transformações e dinâmicas do uso e da cobertura da terra ocorrida em determinado espaço geográfico, subsidiando no diagnóstico de alterações deste território e, conseqüentemente, de suas paisagens, em certo período de tempo (FACCO; BENEDETTI, 2016). Esses resultados podem servir de suporte para pesquisadores e gestores dessas áreas no planejamento e na tomada de decisões, buscando combater a degradação ambiental.

A escolha da bacia hidrográfica do Alto Jacuí como área de estudo justifica-se, principalmente, em razão de estar inserida no Bioma Mata Atlântica; abranger o rio Jacuí, que é o principal rio Estado do Rio Grande do Sul (RS); localizarem-se os maiores reservatórios de geração de energia hidrelétrica e conter uma das maiores produções agrícolas do estado, evidenciando significativa pressão sobre os remanescentes de Mata Atlântica (ZIANI, 2017). Além disso, a bacia hidrográfica do Alto Jacuí é a área escolhida para estudos do projeto Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD), edital CAPES 071/2013, do qual os autores fazem parte.

A bacia hidrográfica do Alto Jacuí, que é a porção superior da bacia hidrográfica do rio Jacuí, envolve a região hidrográfica do Guaíba. Com uma área de 13.072,683 km², a bacia hidrográfica do Alto Jacuí, localiza-se, de acordo com a delimitação definida pela SEMA/RS, na região centro-norte do estado do RS, entre as coordenadas geográficas 28°08' a 29°55' de latitude Sul e 52°15' a 53°50' de longitude Oeste (Figura 01), envolvendo, total ou parcialmente, 41 municípios da região do Planalto Meridional Brasileiro, que é formado por rochas basálticas decorrentes de um grande derrame de lavas ocorrido na era Mesozoica (RIO GRANDE DO SUL, 2019).

Figura 01 – Localização da bacia hidrográfica do Alto Jacuí



Fonte: SEMA (2014); Hasenack e Weber (2010)

No que tange aos aspectos físicos da área de estudo, salienta-se que suas características geológicas e geomorfológicas, vinculadas à amplitude altimétrica da área de estudo, de aproximadamente 700 metros, e as condições climáticas da região, isto é, subtropical úmido com variação longitudinal com precipitações de 1700 - 1800 mm ao ano, segundo Rossato (2011), proporcionam aos rios da bacia hidrográfica do Alto Jacuí, grande potencial hidrelétrico.

Quanto à situação econômica, destaca-se que, atualmente, o principal tipo de uso da terra da bacia hidrográfica do Alto Jacuí é destinado às áreas agrícolas, abrangendo 5.435,97 km², o que corresponde a 41,6 % de área de estudo, seguido por áreas de floresta com 3.369,59 km², equivalente a 25,78 %; áreas de solo exposto 2.442,56 km², representando 18,69 %; áreas de campo 1.560,77 km², que corresponde a 11,94 %; e, em menos representatividade, área

de água com 1,99 % da bacia hidrográfica do Alto Jacuí, ou seja, 259,50 km² (ZIANI; FACCO; FOLETO, 2019).

Atrelado a isso, destaca-se que a irrigação é o principal tipo de uso dos cursos d'água da área de estudo, com 76 %, o que equivale a 3.095 L/s, seguido por: dessedentação animal, com 15 %, correspondendo a 636 L/s; o abastecimento público, com 5 % referente a 206 L/s; a aquicultura com 3 %, que corresponde a 106 L/s; da indústria, com 1 %, isto é, 33 L/s, como o uso menos expressivo (RIO GRANDE DO SUL, 2012).

De acordo com ZIANI (2017), 81,90 % da bacia hidrográfica do Alto Jacuí estão inseridos no Bioma Mata Atlântica, composta principalmente por Floresta Ombrófila Mista (Floresta de Araucária) e Floresta Estacional Decidual (Floresta Tropical Caducifólia), e, em menor extensão, com 18,10 %, encontra-se o Bioma Pampa, com áreas de estepe, ou seja, formações vegetais constituídas pelas famílias das gramíneas, compostas e leguminosas.

Visando otimizar a gestão das águas, a bacia hidrográfica do Alto Jacuí foi dividida nas seguintes Unidades de Planejamento e Gestão (UPGs):

- **UPG Nascente do Jacuí:** que corresponde a 14 % da área total da bacia hidrográfica, tendo como principais sub-bacias o rio Jacuí, arroio Povinho, arroio, Porongos, arroio Estivinha e arroio Pinheiro Torto, além da presença na nascente do rio Jacuí;

- **UPG Colorado:** que é a UPG de maior abrangência, com 25 % da área da bacia do Alto Jacuí, envolvendo o rio Jacuí, rio Colorado, rio da Glória, arroio Grande e arroio Butiá;

- **UPG Passo Real:** representa 24 % da área total da área de estudo, abrangendo o rio Jacuí, rio Jacuí-Mirim e rio Ingaí;

- **UPG Ivaí:** que equivale a 21 % da referida bacia hidrográfica, tendo como principais sub-bacias o rio Jacuí, rio Ivaí, lajeado Pelado, arroio Reserva e rio Ferreira;

- **UPG Jacuizinho:** abrange uma área de 16 % do total da área de estudo, apresentando como principais sub-bacias o rio Jacuizinho, rio dos Caixões e arroio Lagoão, arroio Jaquirana e arroio Carijinho.

Em relação à gestão das águas, destaca-se que a bacia hidrográfica do Alto Jacuí apresenta apenas a etapa A (diagnóstico) e a etapa B (enquadramento) concluídas, e, em andamento, encontra-se a etapa C (Programa de Ações), que é a terceira e última etapa para consolidação do Plano de Bacia Hidrográfica. Sobre esta última etapa, cabe ressaltar que ela é fundamental para que seja atingido o enquadramento apontado na etapa B, pois é nessa etapa que são definidas as metas e ações para melhorar os aspectos qualitativos das águas na região para os próximos vinte anos.

Nesse sentido, e tendo em vista a preocupação e necessidade de estudos que auxiliem na conservação dos fragmentos do Bioma Mata Atlântica, evitando que sejam suprimidos e auxiliando na manutenção e prestação de serviços ambientais, os quais são fundamentais e indissociáveis a qualidade de vida dos seres humanos, compreende-se que estudos como esse ganham cada vez mais relevância na tentativa de viabilizar a conservação desses fragmentos de vegetação.

2. MATERIAIS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A elaboração do mapa da análise dos fragmentos² de vegetação da bacia hidrográfica do Alto Jacuí (1987 e 2018) ocorreu a partir da utilização da base cartográfica resultante dos trabalhos desenvolvido por Ziani, Facco e Foletto (2019), que mapearam o uso e a cobertura da terra da bacia hidrográfica do Alto Jacuí nos períodos de 1987 e 2018, por meio da utilização de imagens dos satélites Landsat 5 TM (Thematic Mapper), do mês de março de 1987, e Landsat 8 OLI (Operational Land Imager), do mês de fevereiro de 2018.

Para tanto, extraiu-se a classe de floresta, que se refere às formações arbóreas com dossel contínuo, ou seja, aos estratos

² Por meio do software ArcGIS 10.5.®(ESRI).

superiores das árvores presentes nas imagens de satélite analisadas. Com base desses dados, os estratos foram divididos em três classes: manteve, suprimidos e incorporados, que apresentam os fragmentos de vegetação da classe floresta que se mantiveram, os que foram suprimidos e novos fragmentos que foram incorporados na bacia hidrográfica do Alto Jacuí nesse período.

Por meio da ferramenta Calculate Geometry, foi possível obter, em quilômetros quadrados (km²), a área de cada uma das classes, em cada UPG da bacia hidrográfica do Alto Jacuí. Buscando aprofundar a análise desses resultados, eles foram exportados para uma planilha eletrônica Excel, em que se elaborou uma tabela com seus respectivos valores e gráficos que apontam a área, em km², em cada UPG e em toda a bacia hidrográfica do Alto Jacuí.

Atrelada a isso, ocorreu a realização de trabalhos de campo na referida bacia hidrográfica, em diferentes períodos e objetivos distintos, que foi crucial para o enriquecimento desta pesquisa, a fim de compreender melhor as suas características e condições ambientais, condições de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica, principais vias de acesso, tipos de moradia, entre outras características gerais, possibilitando a obtenção e validação de dados e produtos cartográficos gerados em laboratórios.

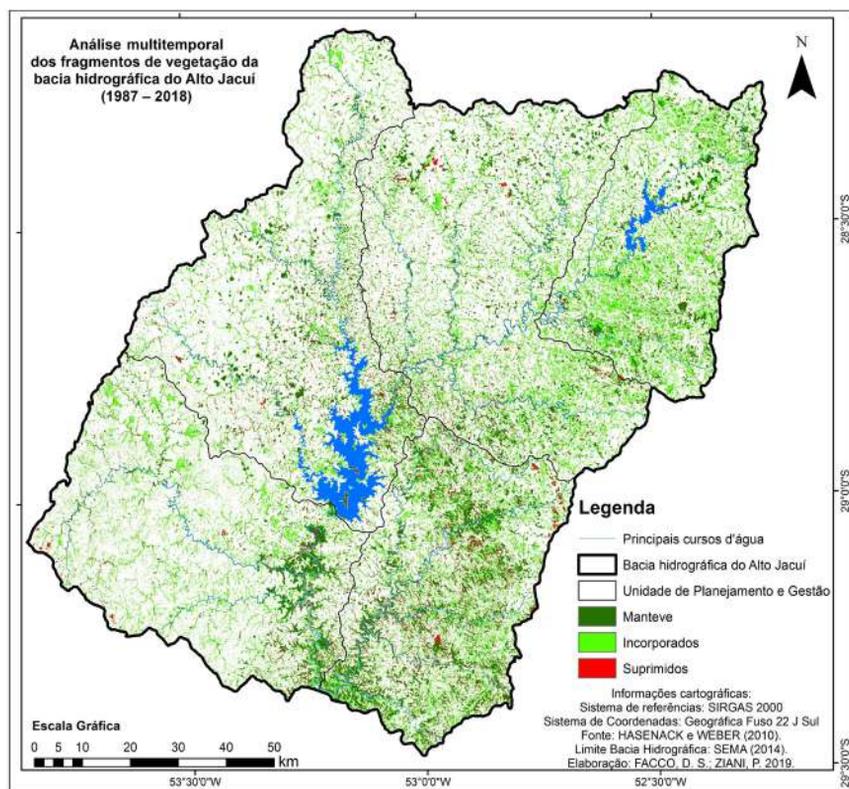
Por fim, realizou-se a análise, síntese e integração das informações geradas com o intuito abordar e discutir os resultados apresentados e desenvolvidos nesta pesquisa, que permitiram apresentar algumas considerações.

3. RESULTADOS

Como resultado desta pesquisa, destaca-se o mapeamento da análise multitemporal dos fragmentos de vegetação da classe floresta da bacia hidrográfica do Alto Jacuí, que apresenta as alterações dos fragmentos de vegetação do ano de 1987 para o ano de 2018 (Figura 02). A análise multitemporal demonstrou a

espacialização dos fragmentos de vegetação na área de estudo, revelando os fragmentos de vegetação que se mantiveram em ambas as datas, os fragmentos de vegetação que foram suprimidos nesse período e os fragmentos de vegetação que foram incorporados, demonstrando onde houve a incorporação de novas áreas.

Figura 02 – Análise da análise multitemporal dos fragmentos de vegetação da bacia hidrográfica do Alto Jacuí (1987 – 2018)



Fonte: Imagens dos satélites Landsat 5 TM (1987) e Landsat 8 OLI (2018); SEMA (2014); Hasenack e Weber (2010)

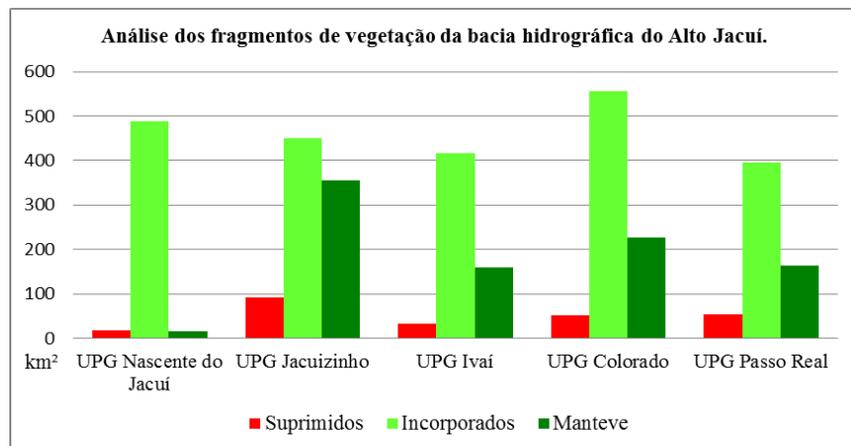
Na tentativa de aprofundar a discussão e análise desses resultados, elaborou-se a tabela 01, que apresenta, em quilômetros quadrados (km²), a área dos fragmentos de vegetação, tanto em toda a bacia hidrográfica do Alto Jacuí como por UPG. Tais dados também foram convertidos em gráfico, a fim de facilitar a interpretação (Gráfico 01).

Tabela 1 – Análise multitemporal dos fragmentos de vegetação da área de estudo

CLASSE	UPG Nascente do Jacuí	UPG Colorado	UPG Passo Real	UPG Ivai	UPG Jacuizinho	TOTAL Km ²
Manteve	15,45	226,78	163,19	158,48	355,67	919,56
Inseridos	487,62	556,04	394,86	416,44	450,91	2.305,87
Suprimido	18,84	51,98	54,11	33,76	92,35	251,04

Fonte dos dados analisados imagens dos satélites Landsat 5 TM (1987) e Landsat 8 OLI (2018). Elaboração própria pelos autores (2020)

Gráfico 1 – Análise multitemporal dos fragmentos de vegetação da área de estudo



Fonte dos dados analisados imagens dos satélites Landsat 5 TM (1987) e Landsat 8 OLI (2018). Elaboração própria pelos autores (2020)

Diante desses resultados, destaca-se que a classe que apresenta o maior crescimento nesse período de 31 anos, em todas as UPGs da bacia hidrográfica do Alto Jacuí, é a classe que indica os fragmentos de vegetação que foram incorporados, seguida pela classe que demonstra que muitos dos fragmentos existentes se mantiveram e que parte dos fragmentos de vegetação foram suprimidos.

Sobre essa incorporação considerável de fragmentos de vegetação na bacia hidrográfica do Alto Jacuí, cabe ressaltar que, durante os trabalhos de campo, pôde-se verificar que não estão vinculados somente à regeneração natural do Bioma Mata Atlântica, mas, principalmente, a crescentes áreas de silvicultura, com plantação, principalmente, de exóticas, como de eucaliptos, destinadas tanto para a utilização nas propriedades rurais como para a comercialização. Tal situação levantada em campo foi crucial para a análise dos dados gerados, permitindo analisar os dados mais próximo da realidade, pois o aumento da área de fragmentos de vegetação em uma área do Bioma Mata Atlântica não significa, necessariamente, vegetação nativa. Logo as funções ecológicas serão diferentes e desempenharão funções distintas na bacia hidrográfica.

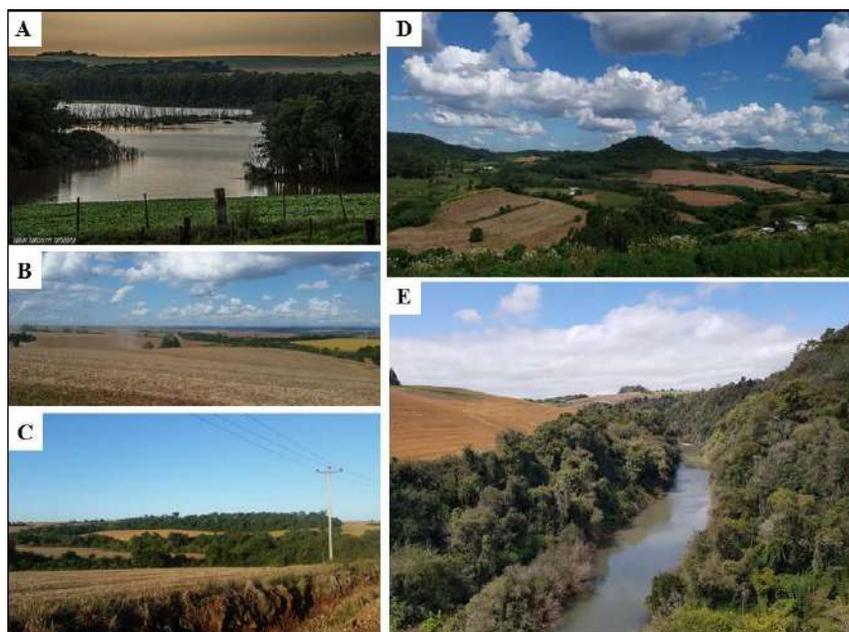
Nota-se que a maior supressão de fragmentos ocorreu na UPG Jacuizinho, que é onde se localizam as maiores declividades da área de estudo e as menores altitudes, em razão de ser área do rebordo do planalto (ZIANI, 2017). Concomitantemente, verifica-se que, nessa área, também houve a maior manutenção de fragmentos de vegetação e a incorporação de 450,91 km² de novos fragmentos de vegetação.

A UPG Jacuizinho e a UPG Ivaí são áreas de estudo do Projeto RS Biodiversidade, que instituiu o Corredor Ecológico da Quarta Colônia, que envolve a área centro-sul da bacia hidrográfica do Alto Jacuí, de ambas as UPGs, onde se encontram áreas núcleo da Reserva da Biosfera Mata Atlântica (RBMA), com significativos remanescentes de vegetação desse bioma, os quais estão associados, principalmente, com as áreas do Rebordo do Planalto e aos principais cursos d'água, em especial, ao rio Jacuí (ZIANI, 2017).

Nesse sentido, compreende-se que a manutenção dos fragmentos de vegetação do Bioma Mata Atlântica, principalmente nessa área, é de suma importância, a fim de potencializar as áreas do Corredor Ecológico da Quarta Colônia e a prestação de serviços ambientais disponibilizados pelo local, o que contribui muito para a biodiversidade e qualidade de vida da sociedade.

Durante os trabalhos de campo, ficou ainda mais evidente o papel de destaque do relevo na distribuição espacial dos fragmentos de vegetação na área de estudo, o qual desempenha fortes ligações. Verificou-se que tanto a manutenção dos fragmentos de vegetação como a incorporação de novo fragmentos ocorreu, principalmente, nas áreas de Áreas de Preservação Permanente (APPs) de declividade e cursos d'água (Figura 03).

Figura 03 – Fotos dos fragmentos de vegetação da bacia hidrográfica do Alto Jacuí



Possivelmente, isso ocorre devido à intensificação das legislações e fiscalizações ambientais, principalmente a partir da década de 90, das quais se destaca a instituição da Lei nº 9433/1997, conhecida como a “Lei das Águas”, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e a promulgação do novo Código Florestal, por meio da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, e que foi alterado logo em seguida pela Lei nº 12.727, de 17 de outubro de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa.

Além das APPs, outro instrumento que desempenha um papel fundamental para garantir a manutenção dos fragmentos de vegetação do Bioma Mata Atlântica e para assegurar a qualidade dos corpos hídricos são as áreas de Reserva Legal (RL).

Segundo o novo Código Florestal, todo imóvel rural deve manter uma área mínima com cobertura de vegetação nativa, a intitulada de RL, que deve ser registrada no Cadastro Ambiental Rural (CAR), que se refere a um registro eletrônico de nível nacional junto ao órgão ambiental competente, no âmbito do Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente (SINIMA), com a finalidade de integrar as informações ambientais das propriedades e posses rurais, compondo base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico e combate ao desmatamento (BRASIL, 2012).

O registro do CAR é inserido no Sistema de Cadastro Ambiental Rural (SICAR) e deve conter: os dados do proprietário, seja possuidor rural, seja responsável direto pelo imóvel rural; a planta georreferenciada do perímetro do imóvel, das áreas de interesse social e utilidade pública, com a informação da localização dos remanescentes de vegetação nativa, das APPs, das Áreas de uso restrito, das áreas consolidadas e da localização das RLs (BRASIL, 2012).

O prazo para a adesão do CAR era, inicialmente, para o ano de 2014, o que pressupõe que os proprietários rurais atentaram para a regularização de suas propriedades, incorporando áreas com fragmentos de vegetação nativa, que justificaria o aumento dessa classe na área de estudo, afinal, quem não estivesse regularizado,

poderia responder judicialmente por crime ambiental, pagar multas e não seriam concedidos créditos agrícolas nas instituições financeiras. Após constantes postergações, o atual presidente da república retirou o prazo de adesão ao CAR, o que é compreendido como um retrocesso aos avanços ambientais.

A presença das APPs de cursos d'água e as RLs potencializam suas funções ambientais exercidas, tanto na manutenção da biodiversidade, uma vez que permitem a formação de corredores de vegetação, entre remanescentes de vegetação nativa, viabilizando a conservação e a integridade dos processos ecológicos, como na conservação dos recursos hídricos, pois essas áreas desempenham um efeito tampão e reduzem a drenagem e carreamento de substâncias e elementos para os corpos d'água.

Essas áreas também impulsionam o fluxo gênico de animais e plantas e o desenvolvimento de serviços ambientais, pois a conservação da vegetação nesses locais permite maior retenção das águas dentro da bacia hidrográfica, retardando eventos de cheias e tendo maior volume de água disponível em períodos mais secos do ano. Além disso, tais áreas tendem a viabilizar a filtragem de sedimentos e a redução da erosão das margens dos rios, o que contribui para a diminuição do assoreamento dos corpos de água, que é um dos sérios problemas ambientais atuais, já que reduz a profundidade dos cursos d'água, acarretando o aumento da largura do seu leito normal, ficando vulnerável à maior frequência e intensidade das enchentes.

Compreende-se que essas discussões são estratégicas e podem se tornar ferramentas de grande valia junto ao comitê responsável por esse local, isto é, o Comitê da bacia hidrográfica do Alto Jacuí (COAJU), e aos municípios que fazem parte dessa bacia, para que insiram em seus planejamentos e políticas públicas ações de conservação dos fragmentos de vegetação, em especial, do Bioma Mata Atlântica.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados desta pesquisa demonstram que durante esses 31 anos houve uma transformação significativa na paisagem da bacia hidrográfica do Alto Jacuí vinculada, principalmente, à espacialização dos fragmentos florestais. Pode-se perceber que houve uma considerável incorporação de fragmentos de vegetação na bacia hidrográfica do Alto Jacuí, vinculados, principalmente, as áreas de APPs e RLs, o que, possivelmente, está relacionado à regularização ambiental em razão do CAR.

Sobre a incorporação de novas áreas de fragmentos de vegetação, alerta-se que elas estão associadas a crescentes áreas de silvicultura, com plantação, principalmente, de exóticas, como de eucaliptos, e não de regeneração natural de vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica.

No contexto atual, compreende-se que estudos como este ganham cada vez mais relevância na tentativa de viabilizar a conservação dos fragmentos de vegetação, em especial do Bioma Mata Atlântica, que se encontra tão reduzido, evitando que sejam suprimidos e corroborando a manutenção e prestação de serviços ambientais, as quais são fundamentais e indissociáveis para a qualidade de vida dos seres humanos.

5. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Edital CAPES 071/2013 – Processo número 88881.068465/2014-01. Agradecemos também à CAPES pela concessão de bolsa de estudo. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Agradecemos a presença, durante os trabalhos de campo, da Dr.^a Maira Celeiro Chaple, que é doutora em ciências geográficas e investigadora titular no Instituto de Geografia Tropical do Ministério da Ciência, Tecnologia e Meio Ambiental de Cuba, e do professor Dr. José Manuel Mateo Rodríguez (*in memoriam*), então coordenador, que, com sua vasta experiência na área de Geociências e, particularmente, na área da Geografia Física, com destaque para os estudos de geocologia, geossistemas, paisagens, análise ambiental e teórico-metodológico da geografia, guiou a identificação e a análise dos fragmentos de vegetação da área de estudo, bem como demais classificações e caracterizações dos elementos da paisagem, percorrendo mais de 1.500 quilômetros entre as principais rodovias da área de estudo (Figura 04).

Figura 04 – Fotos dos trabalhos de campo da bacia hidrográfica do Alto Jacuí



Fonte: arquivo próprio de Ziani (2019)

6. LISTA DE SIGLAS

APPs – Áreas de Preservação Permanente

CAR – Cadastro Ambiental Rural

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

COAJU – Comitê de Gerenciamento de Bacias Hidrográficas do Alto Jacuí

PANGEA – Grupo de pesquisa em patrimônio natural, geoconservação e gestão da água

PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos
PPGEO – Programa de Pós-graduação em Geografia
PROCAD – Programa Nacional de Cooperação Acadêmica
RL – Reserva Legal
RS – Rio Grande do Sul
SEMA – Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
SINIMA – Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente
UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
UPGs – Unidades de Planejamento e Gestão
UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFSM – Universidade Federal de Santa Maria
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

7. REFERÊNCIAS

BRASIL. **Decreto nº 7.830, de 17 de outubro de 2012**. Dispõe sobre o Sistema de Cadastro Ambiental Rural, o Cadastro Ambiental Rural, estabelece normas de caráter geral aos Programas de Regularização Ambiental, de que trata a Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012, e dá outras providências. Brasília, DF: Palácio do Planalto, 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Decreto/D7830.htm. Acesso em: 5 ago. 2014.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Mapa de vegetação nativa na área de aplicação da Lei nº 11.428/2006 – Lei da Mata Atlântica (ano base 2009)**. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica e dá outras providências. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2015.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Edgard Blücher, 1981.

FACCO, D. S.; BENEDETTI, A. C. A evolução temporal do uso e ocupação da terra em municípios da Quarta Colônia – RS. **Ciência e Natura**, v. 38, n. 3, p. 1254-1264, 2016.

FERNÁNDEZ, I. V. *et al.* El espacio como categoría de análisis y conceptualización del desarrollo sostenible en las cuencas hidrográficas. Estudios de caso: la cuenca del río Quibú. *In*: RODRÍGUEZ, J. M. M. *et al.* **Estructura geográfico-ambiental y sostenibilidad de cuencas hidrográficas urbanizadas**: la cuenca del río Quibú, provincia Ciudad de La Habana, Cuba. Habana: Félix Varela, 2008. p. 59-78.

HASENACK, H.; WEBER, E. (org.) **Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul - escala 1:50.000**. Porto Alegre: UFRGS Centro de Ecologia. 2010. 1 DVD-ROM. (Série Geoprocessamento n. 3). ISBN 978-85-63483-00-5 (livreto) e ISBN 978-85-63843-01-2 (DVD).

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria do Planejamento, Orçamento e Gestão (SEPLAG). **Hipsometria e unidades geomorfológicas do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: SEPLAG, 2008. Disponível em: <http://www.atlassocioeconomico.rs.gov.br/hipsometria-e-unidades-geomorfologicas>. Acesso em: 15 fev. 2019.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria do Meio Ambiente (SEMA/RS) – Departamento de Recursos Hídricos (DRH). **Relatório síntese de elaboração de serviço de consultoria relativo ao processo de planejamento dos usos da água na Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí – Etapas A e B**. Porto Alegre: SEMA, 2012.

RODRÍGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. da. **Planejamento e Gestão Ambiental: Subsídios da Geoecologia das Paisagens e da Teoria Geossistêmica**. Fortaleza: Edições UFC, 2013.

RODRÍGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. da; LEAL, A. C. Planejamento Ambiental de Bacias Hidrográficas desde a visão da Geoecologia das Paisagens. *In*: FIGUEIRÓ, A. S.; FOLETO, E. (org.). **Diálogos em Geografia Física**. Santa Maria: UFSM, 2011. p. 111-125.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL (SEMA/RS). Bacias Hidrográficas do Rio Grande do Sul. 2009. Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br/bacias-hidrograficas>. Acesso em: 24 set. 2017.

ZIANI, P. **Análise dos fragmentos de vegetação da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí para ampliação do Corredor Ecológico da Quarta Colônia/RS**. 2017. 145 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.

ZIANI, P.; FACCO, D. S.; FOLETO, E. M. Análise multiespacial do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Alto Jacuí: período de 1987 a 2018. **Geografia Ensino & Pesquisa**, Santa Maria, v. 23, n. 46, set. 2019.



CAPÍTULO 13

RADIONUCLÍDEOS NATURAIS: ÁREA DE INFLUÊNCIA DO PARQUE NACIONAL DAS EMAS

*Fernanda Luisa Ramalho
João Batista Pereira Cabral
Valter Antônio Becegato*

Resumo

A técnica gamaespectrométrica consiste na medição da concentração dos radioisótopos do potássio (^{40}K) e das séries do Urânio (^{238}U) e do Tório (^{232}Th) em rochas e solos. Esses radioisótopos ou radionuclídeos são fenômenos de origem geogênica ou antropogênica. As rochas são as fontes primárias desses elementos que se encontram naturalmente sobre a terra. Sua liberação e concentração ocorrem, de forma geral, nos processos geológicos de intemperismo físico, químico e biológico. No presente trabalho, tem-se por objetivo avaliar a concentração dos radionuclídeos (^{238}U , ^{232}Th e ^{40}K) na área de influência do Parque das Emas com auxílio do equipamento gamaespectrômetro, com intervalo de aquisição de dados de 30 segundos de leitura em campo. Esse aparelho separa a energia da radiação gama em janelas ou faixas. O detector, normalmente um cristal de iodeto de sódio ativado por tálio (NaI(Tl)), absorve a radiação gama e a transforma em pulsos luminosos ou cintilações. Essas cintilações são convertidas em sinais elétricos proporcionais à intensidade da luz, cujas medidas em Volts são separadas em classes, de modo a obter um espectro de energia dos raios gama incidentes. Os resultados mais elevados dos radionuclídeos estão relacionados com os teores de argila, matéria orgânica e capacidade de troca catiônica da Formação Cachoeirinha presentes no ponto 1 e ponto 2. Já os menores resultados encontram-se nos solos quartzarênicos da Formação Botucatu no ponto 3, onde encontra-se alto teor de areia.

Palavras-chave

Radionuclídeos. Gamaespectrometria. Solos.

1. INTRODUÇÃO

Os métodos geofísicos compreendem técnicas indiretas de investigação das estruturas em subsuperfícies e permitem estimar as condições geológicas por meio das propriedades físicas dos materiais dessas subsuperfícies (SANTOS; MENEZES; NASCIMENTO, 2008).

Nesse contexto, tem-se aplicado vários métodos elétricos e eletromagnéticos, como o resistivimétrico para o mapeamento da estrutura dos solos (TABBAGH *et al.*, 2000). Metternicht e Zinck (2003), em estudos de salinidade do solo por processos naturais ou humanos, utilizam métodos eletromagnéticos. Singh, Rani e Mahajan (2005) usaram a espectrometria de raios gama (gamaespectrométrico) em Himachal Pradesh, na Índia, para determinar as concentrações de atividade e as taxas de doses adsorvidas dos radionuclídeos terrestres de ocorrência natural.

O gamaespectrométrico teve como propósito inicial, conforme Vasconcellos *et al.* (1994) a sua aplicação em prospecção mineral e mapeamentos geológicos. Entretanto, segundo Dickson, Fraser e Kinsey-Henderson (1996), Dickson e Scott (1997), Wilford, Bierwirth e Craig (1997) e Thiessen *et al.* (1999), a gamaespectrometria começou a ganhar espaço em estudos ambientais e pedológicos.

No Brasil, a gamaespectrometria é utilizada em estudos geológicos, como os dos complexos graníticos Cunhaporanga e Três-Córregos, no estado do Paraná, realizado por Ferreira *et al.* (2005), bem como em estudos pedológicos e de meio ambiente, entre os quais pode-se destacar o trabalho de Nascimento (2003), que utilizou a resistividade elétrica e radiação gama natural em estudos de solo sob cerrado nativo, no Jardim Botânico de Brasília, ressaltando a diferença entre solos arenosos e argilosos. Becegato (2005), em sua tese, utilizou os métodos gamaespectrométrico, resistividade aparente e suscetibilidade magnética, no Estado do Paraná, para comparar uma área testemunha com área de agricultura e suas relações com fertilizantes fosfatados. Santos (2007)

usou a gamaespectrometria terrestre (análise local: área de cultivo de tomate) e a aerogamaespectrometria (análise regional) no Município de São José de Ubá, no estado do Rio de Janeiro. Becegado *et al.* (2014) usaram o método da gamaespectrometria em estudo de lixão no município de Lages/SC.

A técnica gamaespectrométrica consiste na medição da concentração dos radioisótopos do potássio (^{40}K) e das séries do Urânio (^{238}U) e do Tório (^{232}Th), em rochas e solos (BECEGATO, 2005).

Esses radioisótopos ou radionuclídeos são fenômenos de origem geogênica ou antropogênica. As rochas são as fontes primárias desses elementos que se encontram naturalmente sobre a terra. Sua liberação e concentração ocorrem, de forma geral, nos processos geológicos de intemperismo físico, químico e biológico. Para Faleiro (2013), outros fatores são fundamentais nessa espacialização, a precipitação atmosférica e o transporte de material particulado, vulcões, fumaças, entre outros fatores naturais, são também processos fonte de liberação e concentração de metais pesados.

Para integrar e correlacionar com os dados gamaespectrométricos, outro método geofísico foi utilizado: a Reflectometria no Domínio do Tempo (TDR), que é um método importante para se estudar o teor de água no solo. Segundo Santos, Zonta e Martinez (2010), os estudos sobre a quantidade de água no solo em massa ou volume é indispensável para estudos hidrológicos e manejo. Entre os vários métodos de determinação do conteúdo de água no solo, a técnica TDR destaca-se por ser um método exato, não destrutivo, portátil e de fácil manuseio. A quantidade de água no solo é importante na compreensão da sua atuação nas diversas inter-relações entre os atributos físicos, químicos e biológicos que controlam os processos e os aspectos relacionados à sua variação no tempo e no espaço. Segundo Lepsch (2011), essa quantidade de água armazenada não apenas atua, mas também depende desses atributos, que condicionaram os processos de capilaridade e adsorção, formando o que se chama de potencial matricial do solo, em que a água, frações de minerais (argila, silte e areia) e matéria orgânica desempenham interação de adesão.

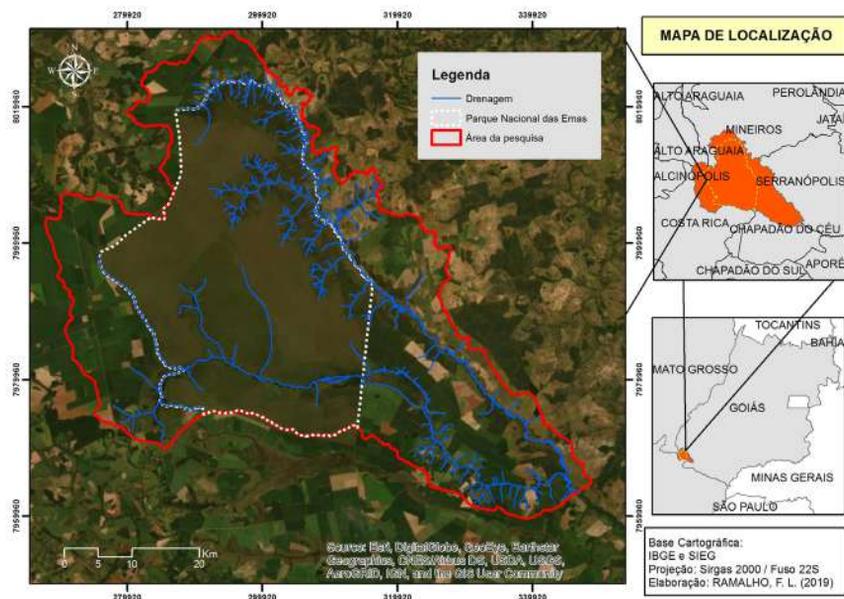
De acordo com os itens descritos anteriormente, no presente trabalho, tem-se por objetivo avaliar a concentração dos radionuclídeos (^{238}U , ^{232}Th e ^{40}K) na área de influência do Parque das Emas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada no alto-curso da bacia hidrográfica do rio Corrente, precisamente, na área de influência do Parque Nacional das Emas (PNE), entre os municípios de Mineiros, Chapadão do Céu e Serranópolis (Figura 01).

Figura 01 – Localização da área de estudo

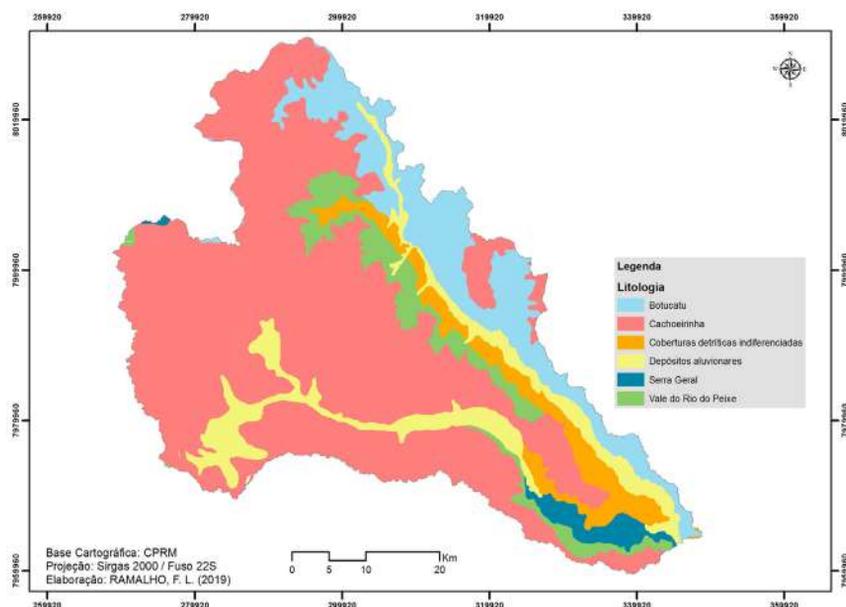


Fonte: IMB-SEGPLAN (2017)

O PNE está localizado na área de chapadão no estado de Goiás, sendo uma das poucas Unidades de Conservação que apresenta as diversas formas de Cerrado. Para Ribeiro e Walter (1998) e Coutinho (2006), o Cerrado não tem uma fisionomia única e uniforme, mas sim três: campestre (cerrado limpo de cerrado), a savânica (campo sujo de cerrado, campo cerrado e cerrado *sensu stricto*) e florestal (cerradão).

No contexto da geologia, essa área de chapadão é formada por rochas do período mesozoico até os dias atuais como ilustra a Figura 02.

Figura 02 – Mapa de geologia



Fonte: SIEG (2009)

A Formação Botucatu é caracterizada por rochas Mesozoicas do período Jurássico, litologicamente é constituída de arenitos vermelhos, fins a médios, silicificados, quartzosos, de estratifica-

ção cruzadas, planas e acanaladas. Todos esses aspectos indicam ambiente de deposição desértico e ação eólica em todo período de formação (COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINEIRAIS – CPRM, 1999).

As rochas da Formação Serra Geral estão datadas do final do Jurássico e início do Cretáceo, predominantemente de natureza basáltica, apresenta aspecto maciço, cor cinza escura, granulação fina a média (CPRM, 1999).

A Formação Vale do Rio do Peixe originou-se no Cretáceo Superior. Apresenta arenitos de textura muito fina, de coloração marrom-claro, rosada a alaranjada, de estratificação plano-paralelo e cruzada subordinada (FERNANDES, 2004).

As rochas da Formação Cachoeirinha, datada no período Terciário, correspondem a sedimentos areno-argilosos inconsolidados, vermelhos, argilos cinza com estratificação incipiente, e estendem-se como cobertura dos planaltos da Bacia do Paraná (CPRM, 1999).

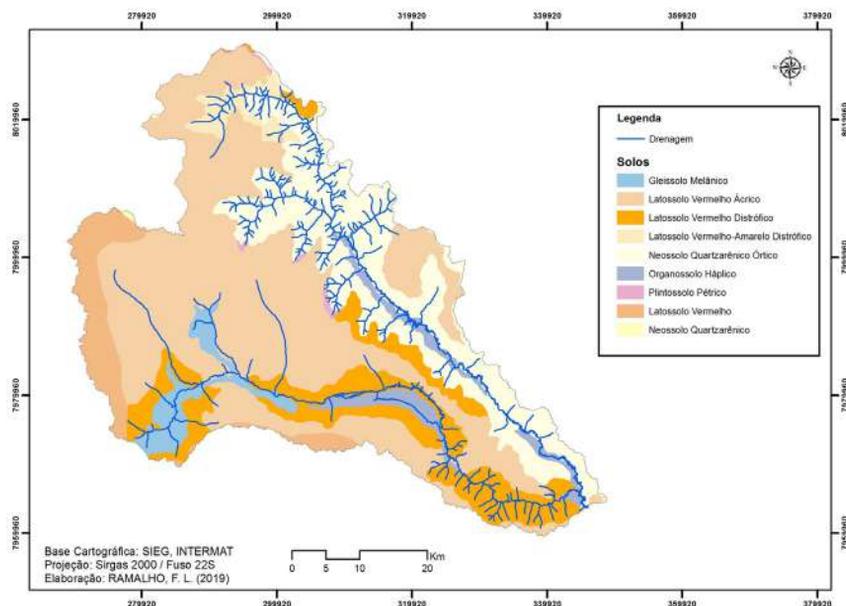
Já representado pelo período Quaternário, a área é composta por coberturas detríticas indiferenciadas e depósitos aluvionares, que estão presentes ao longo das margens, fundos de canal e planície de inundações dos rios.

Geomorfologicamente, a região apresenta, na maior parte, chapadão residual dos planaltos setentrionais da bacia sedimentar do Paraná e uma pequena porção no Córrego Jacuba de planaltos residuais do interior da bacia sedimentar do Paraná. Para Birro (2019), o relevo plano a pouco dissecado é o que predomina na região do PNE, apresentando planícies e terraços fluviais e superfícies denudacionais posicionadas entre as altitudes de 400 a 800 metros.

Tanto a geomorfologia como a geologia vão influenciar na formação e no desenvolvimento dos solos no local (Figura 03). Para Roscoe, Boddey e Salton (2006), esse material de origem serve para formação mineral, constituída por partículas de tamanho variado (areia, silte e argila), contendo uma combinação de minerais

primários e secundários. Já Resende *et al.* (1997) ressaltam que existem outros fatores de influência, como o clima, os organismos e o tempo.

Figura 03 – Mapa de solos



Fonte: EMATER (2017); INTERMAT (2019)

O solo, em especial da área de análise desse trabalho, está caracterizado pelos latossolos vermelho-amarelo distrófico na BH-Formoso provenientes do arenito da Formação Cachoeirinha e pelo Neossolo quartzarênico órtico na BH-Jacuba da Formação Botucatu.

Essa análise é essencial para a compreensão da qualidade dos solos na área de estudo, pois envolve um diagnóstico relacionado às alterações quantitativas e qualitativas, aos distúrbios provocados em função na manutenção da qualidade dos solos. Para isso, a análise gamaespectrométrica é relevante nessa questão.

2.2. COLETA DE DADOS

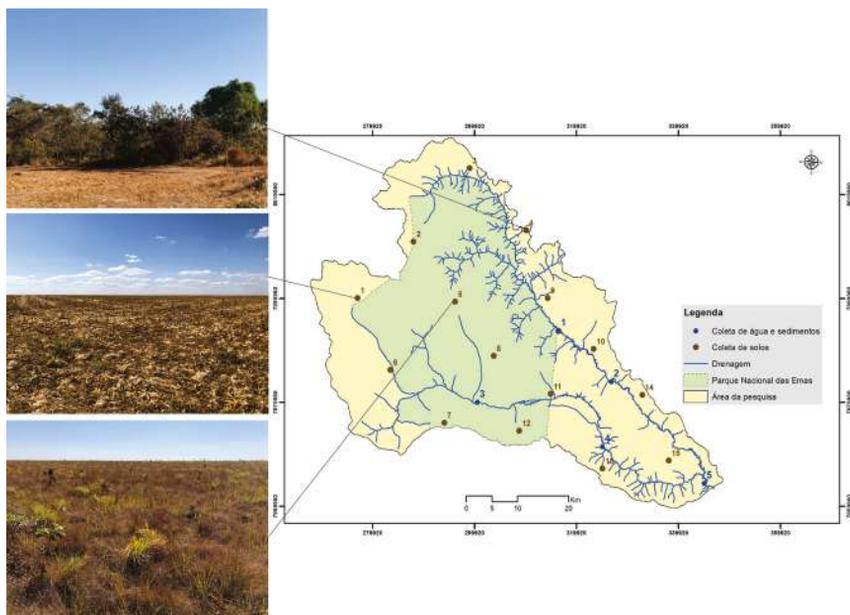
2.2.1. PONTOS DE COLETA

Este trabalho é fruto de uma pesquisa de doutorado. Para a elaboração, foram selecionados três pontos distintos dos quinze pontos espacializados na área de pesquisa (Figura 04) no mês de julho de 2019 – período menos chuvoso. O primeiro ponto corresponde ao ponto 1 da área de pesquisa que se encontra em área agrícola, coordenada 275623.65 mE, 7999865.84 mS. Esse ponto está na alta vertente, próximo à cabeceira do rio Formoso, a montante do PNE.

O segundo ponto corresponde ao ponto 5, localizado nas coordenadas 296180.34 mE, 7999343.09 mS, e refere-se à área dentro do PNE, o qual serviu de Proxy ambiental para este trabalho, ou seja, parâmetro base dos resultados para as demais áreas, pois apresenta uma menor influência antrópica. Segundo a classificação de Ribeiro e Water (1998), esse ponto encontra-se na Formação campestre (campo limpo) devido ao predomínio de estrato herbáceo graminoso na área.

O terceiro ponto corresponde ao ponto 4 e encontra-se nas coordenadas 310062.00 mE, 8012978.00 mS, margem esquerda do rio Jacuba, fora do PNE. Esse ponto está classificado por Ribeiro e Walter (1998) como Formação florestal (mata seca-semidecídua). Nesse caso, não serviu como Proxy ambiental, pois apresenta no seu interior vestígios do acesso de gado e está no limite com a área agrícola.

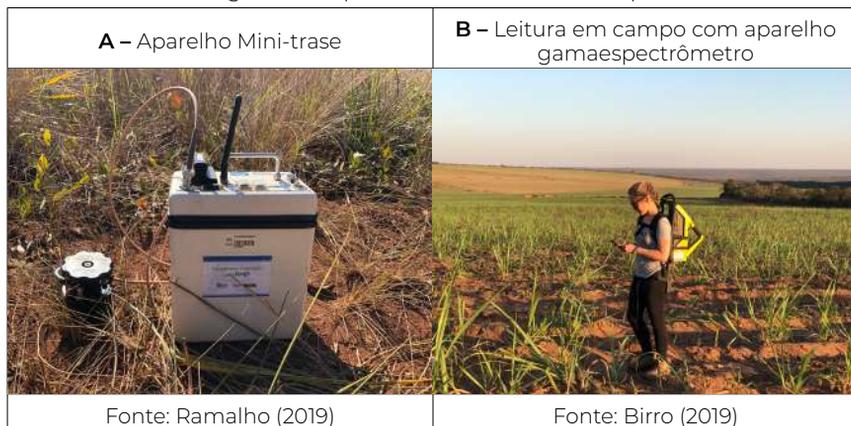
Figura 04 – Localização dos pontos de análise



Fonte: os autores

Os locais de aquisição dos dados foram previamente definidos no Google Earth, sendo possível ser criada uma malha de pontos amostrais para a leitura do aparelho mini-trase (Figura 05-A) e do aparelho gamaespectrômetro (Figura 05-B).

Figura 05 – Aparelhos utilizados em campo



2.2.2. REFLECTOMETRIA NO DOMÍNIO DO TEMPO (TIME DOMAIN REFLECTOMETRY, TDR): MINI-TRASE

O TDR é uma técnica que apresenta diversas vantagens, pois se trata de um método não invasivo do solo, e sua determinação pode ser realizada a campo. Com isso, apresenta alta correlação de dados quando comparada com o método gravimétrico (padrão), facilidade de operação do equipamento e possibilidade de se obter dados em tempo real (quando o equipamento dispôr de tal funcionalidade), como destaca Melo (2018).

O aparelho utilizado foi o 6050X3K5B MiniTrase, equipado com sondas de duas hastes de 0,2 m de comprimento (Figura 05). Funciona a partir da emissão de ondas eletromagnéticas e pode escolher a profundidade da leitura dada em centímetros (cm). Para este trabalho, utilizou-se a profundidade de 20 cm, padrão para culturas anuais, como soja, milho, entre outras, nas quais são realizadas coletas e análises de solos.

A emissão das ondas eletromagnéticas no solo é condicionada pelos materiais ali presentes (água, material mineral, matéria

orgânica e ar). A partir do tempo que a onda leva para se disseminar no solo, é gerada constante dielétrica (K_a) do meio. Cada material apresenta constante dielétrica diferente, atrasando ou acelerando a propagação das ondas eletromagnéticas geradas pelo equipamento (ROBINSON; BELL; BATCHELOR, 1995; KAISER *et al.*, 2010; MELO; KAISER; LEMES, 2018). Após conhecido o K_a , tal valor é incluído em equação embutida ao equipamento, determinando a umidade volumétrica do solo amostrado.

O armazenamento dos dados foi feito por Tablet específico para o gerenciamento dos dados (assumindo a função de *datalogger*).

2.2.3. GAMAESPECTROMETRIA

A gamaespectrometria é feita pelo aparelho gamaespectrômetro PGIS-2, pertencente ao Laboratório de Geociências Aplicadas da Universidade Federal de Jataí e fabricado pela empresa Pico Envirotec. Além do aparelho, foram utilizados os *softwares* desenvolvidos pelo fabricante e aparelho celular, que é responsável pelo controle das medições e pelo caminho realizado pelo operador.

Gamaespectrômetros são equipamentos que separam a energia da radiação gama em janelas ou faixas. O detetor, normalmente um cristal de iodeto de sódio ativado por tálio (NaI(Tl)), absorve a radiação gama e a transforma em pulsos luminosos ou cintilações. Essas cintilações são convertidas em sinais elétricos proporcionais à intensidade da luz, cujas medidas em Volts são separadas em classes, de modo a obter um espectro de energia dos raios gama incidentes (NASCIMENTO; PIRES; MORAES, 2004; BECEGATO, 2005).

A radiação gama no solo é inversamente proporcional à densidade do meio que atravessa, sendo que qualquer matéria contida entre o emissor e o sensor pode afetar significativamente a detecção dos raios gama.

Ribeiro, Montovani e Louro (2013) listam algumas fontes de interferência do gama, como cobertura vegetal do solo, vegetação densa, unidade do solo, variações de temperatura atmosférica, umidade relativa do ar e presença de nuvens, fenômeno de inversão térmica, grande variação topográfica, distância entre o sensor do espectrômetro e a superfície amostrada e espaçamento entre linhas de aquisição e pontos medidos.

A partir desse contexto o ensaio compreendeu as seguintes etapas:

Na primeira, utilizou-se o programa do Google Earth para localização dos pontos da área a ser analisada e posteriormente para o georreferenciamento das imagens pelo *software* DATAView. Na sequência, em campo, realizou-se a aquisição dos dados o aparelho gamaespectrômetro e celular. O intervalo de aquisição de dados foi ajustado para realizar medições a cada 30 segundos para evitar um número excessivo de pontos e valores.

De posse dos dados, em laboratório, foi realizada a manipulação dos dados com *software* PEIFOM do aparelho. Criou-se uma planilha eletrônica para manipulação dos dados.

Para a espacialização dos dados, foram elaborados mapas com o método IDW no *software* SIG ArcGIS 10.1, licenciado para o Laboratório de Geoinformação da UFG/Regional Jataí, pela chave (EFL 9596928994).

2.2.4. ANÁLISE DOS SOLOS

Os solos foram coletados com auxílio de trado holandês nos primeiros 30 cm do solo, armazenados em sacos plásticos previamente identificados. Para as análises laboratoriais, as amostras foram levadas para o laboratório SoloCria em Goiânia para análises de argila, silte, areia, matéria orgânica (MO), capacidade de troca catiônica (CTC) e potencial hidrogeniônico (pH).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores de urânio, tório e potássio foram expressos no Excel em contagens por segundo (CPS). Os valores de urânio e tório foram convertidos para a unidade de parte por milhão (ppm), enquanto que os de potássio foram convertidos de CPS para porcentagem. Essas transformações foram realizadas segundo a proposta de Ferreira *et al.* (2005).

Após as conversões, os valores obtidos para cada elemento foram comparados com os limites sugeridos por Dickson e Scott (1997), Minty (1988), International Atomic Energy Agency – IAEA (2003) e Bonotto (2004).

Na Tabela 01, encontram-se os valores adquiridos em campo. Na média, todos eles estão dentro do limite estabelecido na literatura. Ao analisar separadamente, nota-se que, em todos os pontos, os únicos valores de elemento que estão abaixo do mínimo estipulado pela literatura são os valores de ^{40}K . Essa mesma relação é observada na pesquisa de Becegato *et al.* (2014), realizada em um lixão desativado em Lages (SC).

Tabela 01 – Concentração dos valores do mini-trase e dos radioelementos adquiridos em campo

		Ponto 1 (P1)			Ponto 2 (P2)			Ponto 3 (P3)		
Características dos solos	Ka (%)	6			4,2			2,4		
	Argila (%)	70			70			7		
	Silte (%)	8			8			3		
	Areia(%)	22			22			90		
	MO (%)	2,2			2,6			1,1		
	pH (%)	5			4,7			4,3		
	CTC (cmol _c .dm ⁻³)	5,09			4,26			1,52		
		⁴⁰ K (%)	²³⁸ U (ppm)	²³² Th (ppm)	⁴⁰ K (%)	²³⁸ U (ppm)	²³² Th (ppm)	⁴⁰ K (%)	²³⁸ U (ppm)	²³² Th (ppm)
Mínimo	0,01	1,78	0,00	0,01	3,59	0,00	0,00	0,00	0,00	
Máxima	1,21	17,22	5,91	1,12	17,01	6,19	0,33	4,57	5,92	
Moda	0,26	6,03	0,00	0,19	9,99	0,00	0,00	0,00	0,00	
Média	0,27	7,71	0,18	0,26	9,57	0,24	0,05	0,56	0,16	
Mínimo (literatura)	2,00	8,00	2,00	2,00	8,00	2,00	2,00	8,00	2,00	
Máximo (literatura)	2,50	12,00	3,00	2,50	12,00	3,00	2,50	12,00	3,00	

Legenda: cor vermelha indica acima do limite estabelecido na literatura

Fonte: os autores

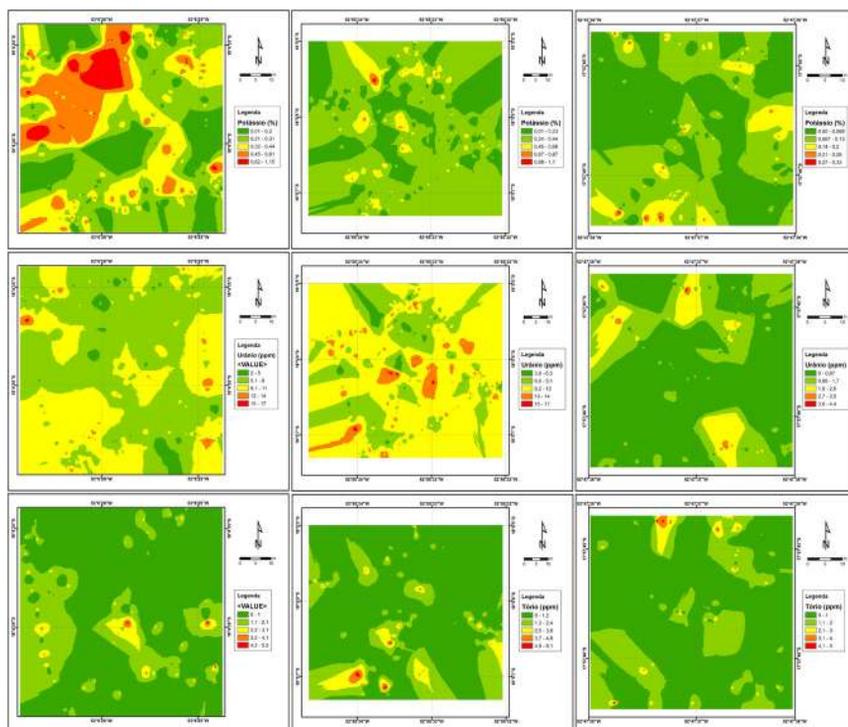
O solo é um reservatório natural de nutrientes, seu volume e nível vão depender de vários fatores, podendo apresentar solos bem supridos e solos mal supridos, sendo estes últimos considerados pobres em nutrientes. No Brasil, principalmente nas regiões do Cerrado e da Amazônia, os solos têm características de poucos nutrientes, além de serem ácidos. Para ressaltar essa falta de nutrientes, Becegato *et al.* (2018) afirmam que, em regiões tropicais, o déficit desses nutrientes, fósforo e potássio, faz aumentar a utilização de fertilização artificial para elevar o teor de nutrientes das plantas.

Esse aumento de acidez do solo faz alterar diversos elementos presentes no solo, como o pH. Para Martins (2005), o pH está diretamente relacionado com a acidez ou com a alcalinidade do solo. O autor ressalta que é comum, na maioria dos solos brasileiros, encontrar o pH abaixo de 7,00. Ao observar os resultados das características dos solos da área de pesquisa, nota-se que todos estão abaixo de 7,00, sendo 5,00 para o P1; 4,7 para P2 e 1,52 para P3. Segundo Alvares *et al.* (1999), esses valores de pH correspondem a uma acidez muito elevada para o P3 e acidez elevada para os P1 e P2.

Esses resultados de pH influenciam nos valores obtidos de CTC, sendo 5,09 (P1); 4,26 (P2) e 1,52 (P3), ou seja se o pH diminui, a CTC também diminui. No geral, os solos da área apresentam baixa capacidade de troca catiônica, ou seja, retêm menos água e são facilmente lixiviados.

Nos mapas temáticos (Figura 06), apresenta-se a distribuição espacial das concentrações dos elementos nos pontos e dos valores de dose de exposição no mês de julho de 2019.

Figura 06 – Distribuição espacial dos elementos nos pontos de coletas



Fonte: os autores

A espacialização dos dados mostra que o resultado de potássio no ponto 1, apesar de estar abaixo da máxima, exibe uma tendência de maiores resultados no canto superior esquerdo. Isso deve ser levado em consideração na análise, pois se trata de uma área de cultivo. Para Hegedüs *et al.* (2017) e Becegato *et al.* (2018), a maioria dos fertilizantes adicionados ao solo contém elementos químicos radioativos, como ^{238}U , ^{232}Th e ^{40}K .

No período de estiagem, os solos das áreas agrícolas estão em repouso, momento em que se faz a calagem, pois o período de chuva não é propício para esse tipo de atividade, uma vez que muitos dos compostos/nutrientes é lixiviado com a água. Faleiro

(2013), na sua pesquisa realizada no rio Corrente, enfatiza que há interferência de atividades agrícolas na área, devido à utilização regular de fertilizantes e calagem.

As maiores concentrações de ^{238}U são nos pontos 1 e 2, o que pode estar relacionado com os teores de argila no solo. Segundo Becegato (2005), na medida em que aumentam os teores de matéria orgânica e argila, ocorre o aumento da capacidade de troca de cátions (CTC), podendo haver relação de urânio nesses sítios.

Outro fator relacionado ao aumento do ^{238}U , no P1, é resultado da utilização de fosfogesso na agricultura, que é enriquecido com ^{238}U e ^{232}Th . Segundo Nisti *et al.* (2015), além de conter elementos radiogênicos, esse resíduo industrial tem cálcio, enxofre e água livre, que ajudam as plantas a desenvolverem raízes maiores para adsorção de água e nutrientes.

Apesar da relação desses elementos físicos do solo, o teor de matéria orgânica é baixo, o que também é observado por Becegato *et al.* (2018), que perceberam que, em solos tropicais e subtropicais, o clima apresenta altas temperaturas e chuvas intensas, podendo aumentar as taxas de decomposição da matéria orgânica por microorganismos.

Para Teixeira (2017), a solubilidade do urânio no solo pode ser aumentada pela ação de ácidos orgânicos na forma de fosfatos e óxidos, e essas condições também permitem que o urânio seja adsorvido pela fração de argila e pela presença de matéria orgânica.

Dowdall e O'Dea (2002), estudando a radioatividade em perfis de solos orgânicos na Irlanda, observaram que há um acréscimo de U nos perfis onde a oxidação da matéria orgânica é significativamente reduzida, o que acontece a partir de aproximadamente 15-20 cm de profundidade, e a ausência de oxigênio origina um ambiente predominantemente redutor, desacelerando a decomposição da matéria orgânica pelos micro-organismos do solo e, conseqüentemente, aumenta a CTC de tais solos, o que culmina com o aumento da retenção do ^{238}U (BECEGATO *et al.*, 2014).

Nascimento, Pires e Moraes (2004) destacam que o latossolo-vermelho apresenta texturas mais finas, mais matéria orgânica e maior capacidade de adsorção dos argilominerais, o que favorece a retenção de isótopos radioativos.

O oposto ocorre em solos arenosos, em que a percolação da água é facilitada pela alta macroporosidade, resultando na lixiviação de elementos químicos que percolam em solução no solo (BECEGATO; FERREIRA; MACHADO, 2008).

A partir desse contexto, observa-se que os resultados do urânio estão relacionados com o acréscimo de Ka e CTC nesses pontos, pois o teor de argila tende a ter capacidade de armazenamento de água mais elevado, sendo o P1:6 % e P2:4,2 %. Para Ruiz *et al.* (2016), na superfície com maior concentração de argila, o arranjo das partículas (minerais e orgânicas) condiciona a ocorrência de microporos, responsáveis pelo armazenamento e pela retenção da água.

Na tabela 01, é possível verificar que os resultados referentes ao tório podem ser considerados elevados em relação ao que consta na literatura. Para Teixeira (2017), o comportamento geoquímico do tório é bem semelhante ao do urânio, mas, ao se analisar a espacialização das áreas (Figura 06), observa-se que essa alteração foi em pontos específicos, sendo necessária uma análise mais aprofundada de outros elementos.

O P3 apresentou as menores concentrações de todos os elementos, além do menor resultado de Ka(-2,4 %), o qual está diretamente relacionado com a porcentagem alta de areia presente nos solos da formação Botucatu, área que, conseqüentemente, apresenta neossolo quartzarênico.

Segundo Nascimento *et al.* (2004), solos com a textura mais arenosa implicam, geralmente, poros maiores, que facilitam o escoamento da água. Essas considerações são confirmadas pelos valores de Ka no P 3, ou seja, resultados menores para solos arenosos e maiores para solos argilosos.

4. CONCLUSÃO

A partir da análise dos resultados, observa-se que a litologia e os tipos de solos estão diretamente relacionados com a distribuição dos elementos radioativos na área de pesquisa.

As texturas dos solos influenciam no comportamento físico e químico desses solos. Do ponto de vista físico, os pontos 1 e 2, que têm latossolo-vermelho, apresentam textura mais fina, proporcionando espaços relativamente pequenos, que dificultam o escoamento da água. Com isso, maiores concentrações de argilominerais e pequenas quantidades de quartzo contribuem para o acúmulo dos elementos radiogênicos. O contrário ocorre no P 3 por apresentar um solo mais arenoso, o que contribuiu para os menores resultados encontrados na pesquisa.

Todos os resultados tiveram relação com o nível de argila, mineralogia e quantidade de matéria orgânica analisada. Desse modo, é importante compreender a presença e o comportamento radiogênico nos solos.

Com isso, a utilização de métodos geofísicos contribui para pesquisas não só voltadas para a geologia, mas também para aquelas vinculadas a análises pedológicas e ambientais. A distribuição espacial dos dados georreferenciados no meio ambiente mostra de forma clara onde ocorrem as maiores concentrações dos elementos radioativos.

5. AGRADECIMENTOS

A Sheyla Olívia Groff Birro, Assunção Andrade de Barcelos, Patrícia da Silva Gomes, Vinicius Garcia Cabral, por auxiliarem durante a coleta de dados. Sem uma equipe, o trabalho não teria sido realizado. À Universidade Federal de Jataí (antiga Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí), pelo apoio no transporte, e ao Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD)

da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Edital CAPES 071/2013 – Processo número 88881.068465/2014-01, pela ajuda financeira. Também ao diretor do PNE, Marcos Cunha, pelo auxílio de acomodação e logística de transporte dentro do parque.

6. LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

^{232}Th – Série de Tório

^{238}U – Série de Urânio

^{40}K – Potássio

Ca – Cálcio

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

CPS – Contagem por segundo

CTC – Capacidade de troca catiônica

EMATER – Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária

IAEA – International Atomic Energy Agency

IDW – Inverse Distance Weighted

IMB – Instituto Mauro Borges

INTERMAT – Instituto de Terras de Mato Grosso

MO – Matéria orgânica

Ka – Constante dielétrica

Mg – Magnésio

P – Fósforo

pH – Potencial Hidrogeniônico

PNE – Parque Nacional das Emas

ppm – Unidade de parte por milhão

SEPLAN – Secretaria de Estado de Gestão e Planejamento de Goiás

SIEG – Sistema Estadual de Geoinformação

SIG – Sistema Informação Geográfica

TDS – Time Domain Reflectometry

7. REFERÊNCIAS

ALVARES, V. V. H. *et al.* Uso de gesso agrícola. *In*: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (ed). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**: 5ª aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 67-78.

BECEGATO, V. A. **Aplicação de técnicas geofísicas e geoquímicas em duas glebas agrícolas do Noroeste do Estado do Paraná e suas relações com fertilizantes fosfatados**. 2005. 198 f. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

BECEGATO, V. R. *et al.* Gamaespectrometria de um lixão desativado. **Geoambiente On-line**, n. 23, 2014. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/geoambiente/article/view/33877/17924>. Acesso em: 23 jun. 2019.

BECEGATO, V. A. *et al.* Multivariate statistical analysis correlating ^{238}U , ^{232}Th , and ^{40}K equivalent activities in soil to geochemical data from an agricultural area. **Journal of soils and sediments**, v. 19, n. 4, p. 1901-1910, 2018.

BECEGATO, V. A.; FERREIRA, F. J. F.; MACHADO, W. C. P. Concentration of Radioactive Elements (U, Th and K) Derived from Phosphatic Fertilizers in Cultivated Soils. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 51, n. 6, p. 1255-1266, 2008.

BIRRO, S. O. G. **Análise da paisagem na Bacia do Rio Corrente**: estudo de fragilidade ambiental na área de influência direta. 2019. 102 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí, Jataí, 2019.

BONOTTO, D. M. **Radioatividade nas águas**: da Inglaterra ao Guarani. São Paulo: UNESP, 2004.

COUTINHO, L. M. O conceito de bioma. **Acta botânica brasileira**, v. 20, n. 1, p. 13-23, 2006.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM. Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil. **Geologia e Recursos Minerais do Estado de Goiás e Distrito Federal**. Escala 1:500.000. Goiânia: CPRM, 1999.

DICKSON, B. L.; SCOTT, K. M. Interpretation of aerial gamma-ray surveys - adding the geochemical factors. **AGSO Journal of Australian Geology & Geophysics**, v. 17, p. 187-200, 1997.

DICKSON, B. L.; FRASER, S. J.; KINSEY-HENDERSON A. Interpreting aerial gamma-ray surveys utilising geomorphological and weathering models. **Elsevier, Journal of Geochemical Exploration**, v. 57, p. 75–88, 1996.

DOWDALL, M.; O'DEA, J. $^{226}\text{Ra}/^{238}\text{U}$ disequilibrium in an upland organic soil exhibiting elevated natural radioactivity. **Journal of Environmental Radioactivity**, v. 59, p. 91-104, 2002.

FALEIRO, F. F. **Análise da paisagem da bacia do rio Corrente (GO)**: estudo geoquímico e implicações no uso e ocupação. 2013. 96 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Estudos Socioambientais (IESA), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.

FERNANDES, L. A. Mapa Litoestratigráfico da Parte Oriental da Bacia Bauru (PR, SP, MG). Escala 1:1.000.000. **Boletim Paranaense de Geociências**, n. 55, p. 53-66, 2004.

FERREIRA, F. J. F. *et al.* Contrastes gamaespectrométricos (K, eTh, eU) dos complexos graníticos Cunhaporanga e Três Córregos-PR: Análise dos dados do BARMP (Brazil Airborne Radiometric Mapping Project). In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA e II SIMPÓSIO DE GEOQUÍMICA DOS PAÍSES DO MERCOSUL, 2005, Porto de Galinhas. **Anais [...]**. Porto de Galinhas: [s. n.], 2005.

HEGEDÜS, M. *et al.* Radiological investigation of phosphate fertilizers: leaching studies. **Journal of Environmental Radioactivity**, n. 173, p. 34-43, 2017.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY – IAEA. **Guidelines for radioelement mapping using gamma ray spectrometry data**. Vienna: IAEATECDOC-1363, p.173, 2003.

KAISER, D. R. *et al.* Dielectric constant obtained from TDR and volumetric moisture of soils in southern Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 3, p. 649-658, 2010.

LEPSCH, I. F. **19 Lições de Pedologia**. São Paulo: Oficina dos Textos, 2011.

MARTINS, C. E. **Práticas agrícolas relacionadas à calagem dos solos**. Embrapa, 2005. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/65417/1/COT-47-Praticas-agricolas-relacionadas.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2020.

MELO, A. G. **Calibração de dispositivo TDR (Time Domain Reflectometry) para estimativa de umidade volumétrica em latossolo**. 2018. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Agronomia) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, 2018.

MELO, A. G.; KAISER, D. R.; LEMES, F. L. Calibração de dispositivo TDR (Time Domain Reflectometry) para estimativa de umidade volumétrica em Latossolo. *In: XII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO*, 2018, Xanxerê. **Anais [...]**. Xanxerê: UNOESC, 2018.

METTERNICHT, G. I.; ZINCK, J. A. Remote sensing of soil salinity: potentials and constraints. **Remote Sensing of Environment**, v. 85, p. 1-20, 2003.

MINTY, B. R. S. A review of airborne gamma-ray spectrometric data processing techniques. **Australian Government Publishing Service**, p. 48, 1988.

NASCIMENTO, C. T. C. **Resistividade elétrica e radiação gama natural no estudo de solos sob serrado nativo**. 2003. 115 f. Tese (Doutorado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2003.

NASCIMENTO, C. T. C.; PIRES, A. C. B.; MORAES, R. A. V. Reconhecimento de solos por meio de resistividade elétrica e radiação gama. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 34, n. 3, p. 383-392, 2004.

NISTI, M. B. *et al.* Lixiviation of natural radionuclides and heavy metals in tropical soils amended with phosphogypsum. **Journal of environmental radioactivity**, v. 144, p. 120-126, 2015.

RESENDE, M. *et al.* **Pedologia**: base para distribuição de ambientes. 2. ed. Viçosa: NEPUT, 1997.

RIBEIRO, V. B.; MANTOVANI, M. S.; LOURO, V. H. A. Aerogamaespectrometria e suas aplicações no mapeamento geológico. **Terrae Didática**, v. 10, p. 29-51, 2013.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma cerrado. Pp. *In*: SANO, S.M.; ALMEIDA, S. P. (ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1998. p. 89-166.

ROBINSON, D. A.; BELL, J. P.; BATCHELOR, C. H. **Influence of iron and titanium on water content determination by TDR. Relatório SP**. Tjele, Denmark: Danish Institute of Plant and Soil Science, 1995. p. 63-70. 3 v. Disponível em: <https://pe2bz.philpem.me.uk/Comm01/-%20TestEquip/-%20TDR/Info-907-Theory/SoilMoist-04/titan.html>. Acesso em: 5 nov. 2019.

ROSCOE, R.; BODDEY, R. M.; SALTON, J. C. Sistemas de manejo e matéria orgânica do solo. *In*: ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C. (org.). **Dinâmica da Matéria orgânica do solo: em sistemas conservacionistas**. Dourados: Embrapa, 2006.

RUIZ, H. A. *et al.* La superficie específica de oxisoles y su relación con la retención hídrica. **Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, UNCUYO**, v. 48, n. 2, p. 95-105, 2016.

SANTOS, A. C. L. **Gamaespectrometria aplicada ao estudo de áreas agrícolas**. 2007. 112 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2007.

SANTOS, A. C. L.; MENEZES, P. T. L.; NASCIMENTO, C. T. C. Gamaespectrometria aplicada em solos agrícola no noroeste do estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geofísica – RBGF**, v. 26, n. 6, p. 181-194, 2008.

SANTOS, M. R.; ZONTA, J. H.; MARTINEZ, M. A. Influência do tipo de amostragem na constante dielétrica do solo e na calibração de sondas de TDR. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 2, p. 299-308, 2010.

SINGH, S.; RANI, A.; MAHAJAN, R. K. ²²⁶Ra, ²³²Th and ⁴⁰K analysis in soil samples from some areas of Punjab and Himachal Pradesh, India using gama ray spectrometry. **Radiation Measurements**, v. 39, p. 431-439, 2005.

TABBAGH, A. *et al.* Soil resistivity: a non-invasive tool to map soil. **Geoderma**, v. 97, p. 393-404, 2000.

TEIXEIRA, L. F. L. **Determinação dos radionuclídeos naturais urânio e tório nos sedimentos superficiais do sistema Cananéia-Iguape**. 2017. 77 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear). Ipen – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. Autarquia Associada à Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

THIESSEN, K. M. *et al.* Modelling radionuclide distribution and transport in the environment. **Elsevier, Environmental Pollution**, v. 100, p. 151-177, 1999.

VASCONCELLOS, R. M. *et al.* **Geofísica em levantamentos geológicos no Brasil**. Rio de Janeiro: CPRM, 1994.

WILFORD, J. R.; BIERWIRTH, P. N.; CRAIG, M. A. Application of gamma-ray spectrometry in soil/regolith mapping and geomorphology. **AGSO Journal of Australian Geology & Geophysics**, v. 17, p. 201-216, 1997.

ZAGO, L. M. *et al.* Biochemical activity in Brazilian Cerrado soils is differentially affected by perennial and annual crops. **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, p. 235-242, 2018.

CAPÍTULO 14

LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO USO DA TERRA DO EMPREENDIMENTO HIDRELÉTRICO FOZ DO RIO CLARO/GO

*Pollyanna Faria Nogueira
João Batista Pereira Cabral*

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo realizar uma análise integrada das características físicas (Geologia, Geomorfologia, solos, declividade, litologia e precipitação pluviométrica) da área de influência da UHE Foz do rio Claro (GO) Os mapas foram confeccionados a partir do software ArcGIS 10.1. As bases foram obtidas nos sites do Sistema Estadual de Informação Geográfica de Goiás – SIEG (2018), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. A análise integrada permitiu identificar duas Geounidades para a área da pesquisa, uma ocorre na Formação Serra Geral no vale fluvial sob influência de basaltos e a segunda Geounidade verificada se dá na Formação Vale do Rio do Peixe, caracterizada por arenitos.

Palavras-chave

Geounidade, bacia hidrográfica, reservatório.

1. INTRODUÇÃO

A caracterização física da área de influência direta de empreendimentos hidráulicos é um parâmetro imprescindível nos estudos geográficos, pois visa compreender a dinâmica e como determinados elementos podem ser responsáveis pelas alterações do ambiente, pois, a partir desses conhecimentos, é possível compreender a influência da paisagem natural e alterada nos processos dinâmicos que ocorrem ao longo dos anos.

Considerando que as funcionalidades dos ambientes naturais são alteradas pelas ações humanas, os estudos relativos à interpretação podem auxiliar na definição das diretrizes e ações a serem implementadas no espaço físico-territorial, servindo de base para o zoneamento e fornecendo subsídios à gestão do território, dando apoio à tomada de decisão para a seleção das técnicas de manejo, assim como na definição de quais práticas conservacionistas devem ser adotadas a fim de mitigar a perda de solos e transporte de sedimentos (SPORL; ROSS, 2004; GOMES, 2013), que deram origem ao meio atual, suas formas, solos, entre outros.

A caracterização física da área de estudo é de suma importância. Segundo Rocha *et al.* (2014), estes estudos são a base para o entendimento sobre a sustentabilidade e fundamentam-se no entendimento da dinâmica dos recursos hídricos e do desenvolvimento da gestão desses recursos nas bacias hidrográficas, considerando as relações antrópicas, econômicas e socioambientais.

Segundo Manzatto, Freitas Junior e Peres (2002), é possível verificar elementos naturais nos diferentes tipos de relevo, formas geomorfológicas, clima, geologia e material de origem, solos e estruturas associadas. Em grande parte, existem diferenças regionais nesses aspectos no que se refere às diversas formas de ocupação, uso e desenvolvimento do território, os quais devem à natureza do Brasil suas potencialidades e limitações de uso.

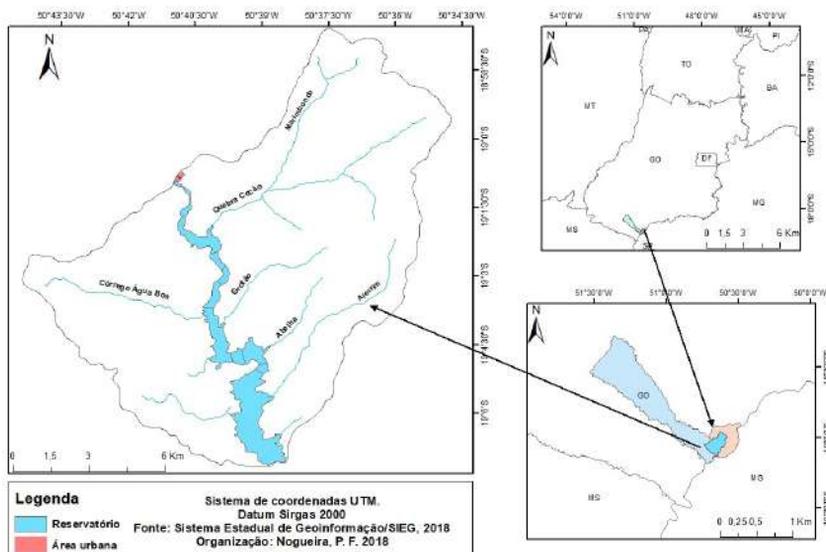
O estudo e a análise das características físicas são relevantes para as pesquisas. Uma vez que a geomorfologia e o relevo,

propriamente ditos, agem sobre a taxa de deflúvio, isto é, sobre o regime de produção de água, e, conseqüentemente, sobre a taxa de sedimentação. O padrão de drenagem da bacia, ou entre termos, o caráter e a extensão de seus canais vão exercer influência sobre a disponibilidade de sedimentos e a taxa de formação do deflúvio. A estrutura geológica também apresenta influência e controle sobre as características físicas da bacia hidrográfica (OLIVEIRA; ARCOSI; SMANIOTTO, 2018; STIPP; CAMPOS; CAVIGLIONE, 2010).

Com base nesses pressupostos, o objetivo neste trabalho foi realizar a caracterização dos aspectos físicos e uso e ocupação da bacia em questão, de geologia, relevo, solos, declividade e hipsometria, partindo da premissa de que essas variáveis, ao serem modificadas, naturalmente ou pelas ações antrópicas, podem ocasionar alterações na dinâmica do sistema natural (VON SPERLING, 2005).

A bacia hidrográfica (área de influência direta) da UHE Foz do Rio Claro (Figura 01) encontra-se entre os municípios de São Simão e Caçu, no Estado de Goiás, com uma área de influência direta de aproximadamente 151,5 Km², ao Sul da área do distrito de Itaguaçu (GO), na microrregião de Quirinópolis (GO). Moragas (2005) destaca que a nascente do Rio Claro se localiza no *Front das cuesta* da Serra do Caiapó, a uma altitude de 930 m, com extensão de 406,2 Km, sobre os sedimentos da Formação Aquidauana, de idade permocarbonífera.

Figura 01 – Localização da Bacia Hidrográfica da UHE Foz do Rio Claro



Fonte: Sistema Estadual de Geoinformação (SIEG) (2018)

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para execução da presente pesquisa, foram estabelecidas duas fases, a primeira referente ao levantamento de dados em campo e a segunda, ao processamento dos dados em gabinete. O trabalho de campo foi realizado no mês de janeiro de 2019.

Para elaboração, confecção e processamento dos mapas, foi utilizado o *software* ArcGis 10.1, com chave de acesso EFL959692894, vinculado ao Laboratório de Geoinformação da Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí.

Para elaboração dos mapas, foram utilizadas as bases cartográficas do banco de dados do Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás (SIEG, 2018), disponíveis no site: www.sieg.go.gov.br,

e também do sistema Brasil em Relevo, monitoramento por satélite da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), disponível em www.relevobr.cnpm.embrapa.br, com resolução de 1:250.000 até 1:500.000. Essa escala foi utilizado porque no estado de Goiás não existem mapas com escalas de 1:50.000 e 1:100.000. As cartas utilizadas foram SE 22 ZC e SE 22 ZA, e no *site* do Earth Explore, disponível em <https://earthexplorer.usgs.gov/>.

As classes de declividade seguiram a proposta da EMBRAPA (1997). Os perfis de geounidades foram definidos a partir de imagens do Google Earth, com as coordenadas pré-definidas, para que fosse feito também o reconhecimento de uso e ocupação e validação dos dados para o mapeamento.

Os dados de precipitação utilizados foram obtidos de quatro postos pluviométricos (Tabela 01) da Agência Nacional de Águas (ANA), disponíveis no sistema HIDROWEB (2017).

Tabela 01 – Postos pluviométricos

Postos	Longitude	Latitude
Pombal	446977	7998655
Itarumã	465500	7923250
Cachoeira Alta	499000	7919500
Quirinópolis	550500	7965750

Fonte: SIEG (2015). Organizado por Nogueira (2018)

Para os dados locais de chuva, foram instalados três pluviógrafos na área de estudo modelo Irriplus – P300 (Figura 02). Os dados para a presente pesquisa são a partir de 2014 e foram instalados conforme os usos das terras, altitude e disponibilidade dos proprietários de fazendas em permitir a instalação, com objetivo de obter e compreender informações pluviométricas da bacia.

Figura 02 – Pluviógrafos Irriplus instalados na Bacia de Foz do Rio Claro (Ponto 1, 2 e 3, respectivamente)



Fonte: Nogueira (2018)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os dados obtidos junto ao Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás (SIEG, 2018), a área de influência do empreendimento hidrelétrico Foz do Rio Claro está situada, geologicamente, na Bacia Sedimentar do Paraná e apresenta dois grandes grupos litoestratigráficos da idade Mesozoica, formados pelos basaltos da Formação Serra Geral do Grupo São Bento e pelos arenitos da Formação Vale do Rio do Peixe do Grupo Bauru.

De acordo com a base adquirida para elaboração do mapa de solos, a área de estudo apresenta apenas dois tipos de solos: Latossolo Vermelho distroférico e Latossolo Vermelho distrófico (Fotos 1A e 1B). Com a realização do trabalho de campo, detectou-se que existe uma área de Neossolo Litólico (Foto 2A e 2B).

Pedologicamente, na bacia, predominam o Latossolo Vermelho distroférico e Latossolo Vermelho distrófico, que ocorrem em

declividades que variam de plana a suave ondulada, conforme pode ser verificado na figura 03 e na tabela 02.

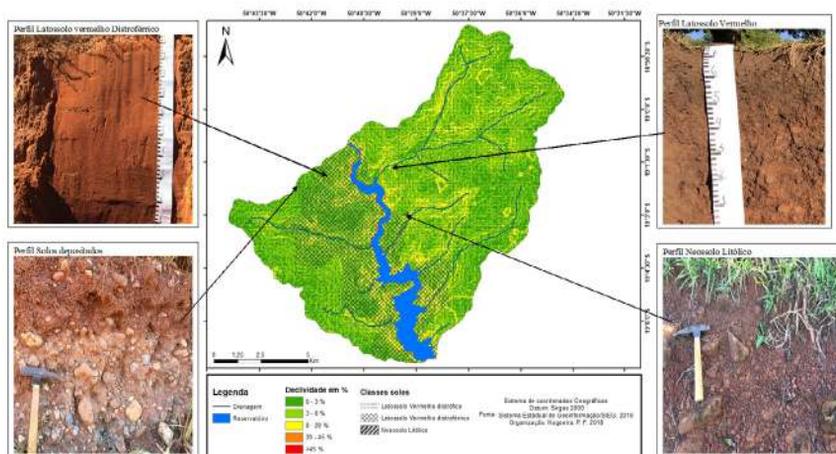
Tabela 02 – Classes pedológicas da bacia em questão

Classe pedológica	Área (km ²)
LVdf - Latossolo Vermelho distroférico	47,17
LVd - Latossolo Vermelho distrófico	103,3
RL – Neossolos Litólicos	0,3

Fonte: EMBRAPA (2016). Organizado por Nogueira (2018)

A verificação de Neossolo Litólico na área da pesquisa só foi possível a partir dos trabalhos de campo, pois o mapeamento, por ser generalizado, só apresentou duas classes de solos para a área de estudo. Esses tipos de solos costumam ser originados de arenitos e quartzitos, sua ocorrência nesta margem pode se dar em decorrência da Formação Vale do Rio do Peixe da qual são originados arenitos, e o local onde este solo foi verificado está sobre esta Formação.

Figura 03 – Declividade e Solos da Bacia Hidrográfica da UHE Foz do Rio Claro



Fonte: Sistema Estadual de Geoinformação (SIEG) (2018)

Esse solo foi detectado em uma área de pecuária e em uma pequena área de vegetação. Uma das explicações para esse tipo de uso se deve ao fato de o solo apresentar restrições para uso agrícola e também por ser um solo bem pedregoso com relevo mais acidentado e muito raso, o que também impossibilitou fazer o perfil mais detalhado, conforme pode ser observado nas fotos 3A e 3B.

As declividades entre 0 e 8 % na área de estudos representam os relevos planos, que ocupam cerca de 70 % da bacia, com predomínio dos Latossolo Vermelho distrófico, favorecendo a infiltração da água, e, conseqüentemente, a pedogênese e a conservação dessa unidade hidrográfica, segundo Soares *et al.* (2016).

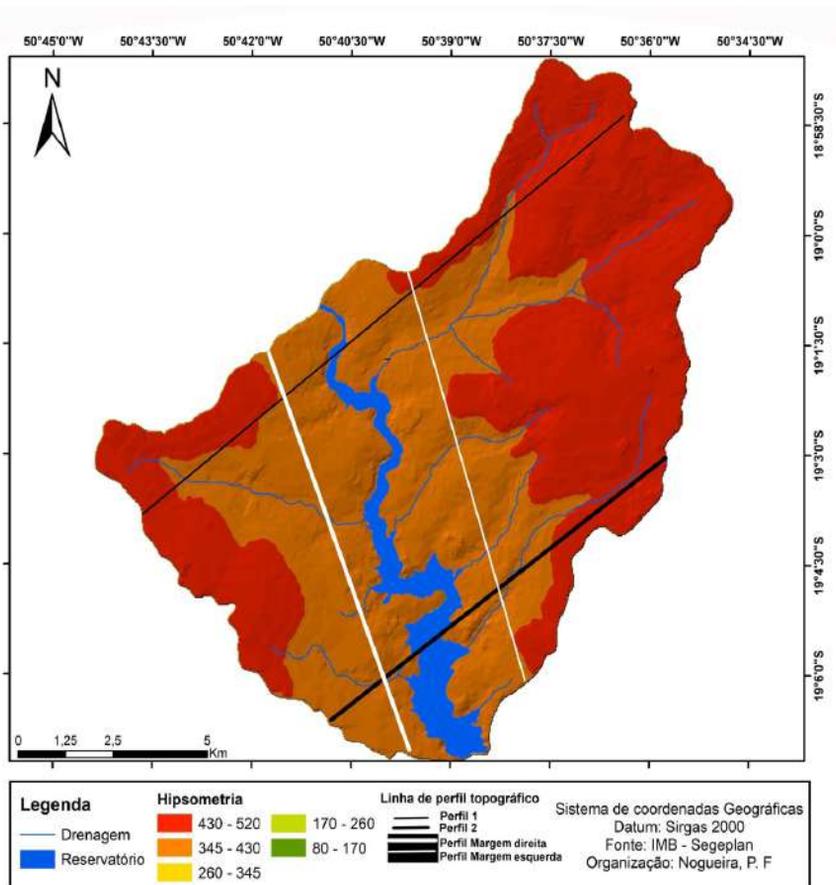
As declividades de 8 a 20 % foram observadas no antigo vale do rio Claro, com predominância nos afluentes, e, no vale, é encaixado onde o reservatório foi constituído sobre os basaltos da Formação Serra Geral, sendo verificados Latossolo Vermelho distrófico e distroférico existentes para a área de estudo nessa classe.

As declividades de 20 a 45 % e > 45 % ocupam, aproximadamente, 2 %. Isso foi verificado nas áreas de encaixe da calha fluvial.

A fim de se realizar uma análise integrada dos elementos físicos, Geologia, Pedologia, declividade, foram traçados quatro perfis topográficos (nas margens direita e esquerda, na entrada do reservatório e na barragem (Figura 4)) de forma a compreender as Geounidades existentes. Os perfis foram realizados com o objetivo de permitir melhor compreensão e contextualização dos fatores físicos da área de estudo, porém não foram feitas medidas das espessuras dos depósitos geológicos, sendo que estas não condizem fielmente com a realidade.

Para elaboração dos perfis, considerou-se que a Formação Vale do Rio do Peixe, que se assenta diretamente sobre basaltos da Formação Serra Geral e, segundo Fernandes (2004), possui uma espessura máxima preservada da ordem de 100 m, medida em perfurações de poços de água subterrânea.

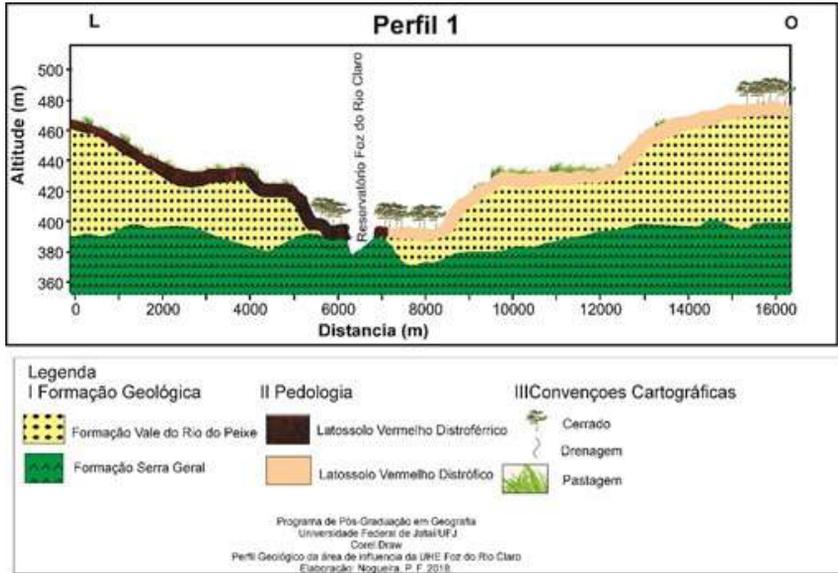
Figura 04 – Localização dos Perfis topográficos de transectos traçados na Bacia de estudo



Fonte: Nogueira (2020)

O perfil 1 (Figura 05) foi traçado de modo a demonstrar o trecho superior da área de estudo, onde se encontra o início do reservatório, sentido Leste/Oeste, ponto próximo às cataratas do Itaguaçu (Figura 06).

Figura 05 – Perfil 1: Entrada do reservatório da UHE Foz do Rio Claro



Fonte: Nogueira (2020)

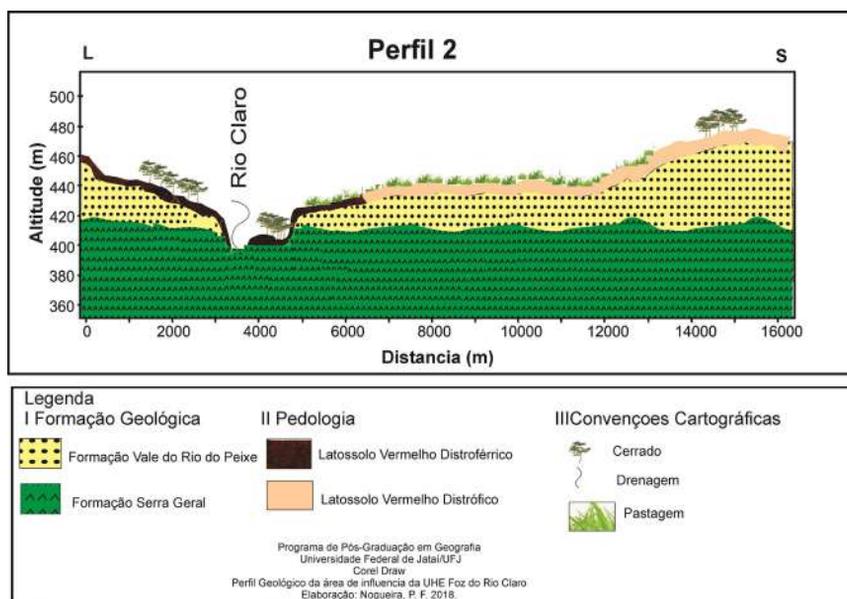
Figura 06 – Cataratas do Itaguaçu/GO



Fonte: Nogueira (2020)

O perfil 2, que foi traçado próximo à barragem, no sentido Leste/Oeste (Figura 07), apresenta duas unidades: Formação Serra Geral e Vale do Rio do Peixe, com relevo entre suave e ondulado (para a margem onde o perfil foi traçado). Sobre a Formação Serra Geral está a Formação Vale do Rio do Peixe. Na margem esquerda do perfil, existe o predomínio do Latossolo Vermelho distroférrico; na margem direita, predomina o Latossolo Vermelho distrófico, com predomínio de pastagem. Existem também áreas com resquícios de Cerrado nas margens do Rio Claro, próximas à barragem, e uma área com reserva legal.

Figura 07 – Perfil 2: Saída do reservatório da UHE Foz do Rio Claro é preciso apresentar o curso d'água, o reservatório



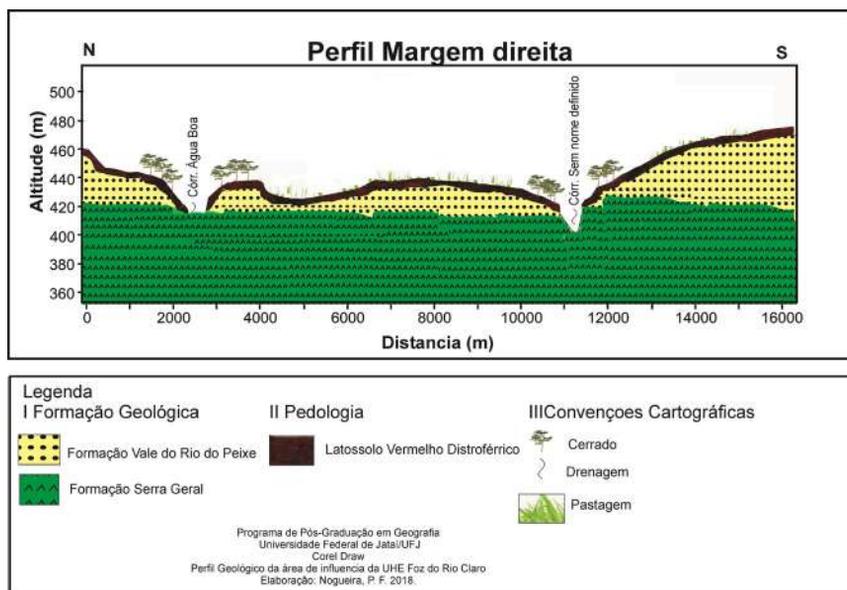
Fonte: Nogueira (2020)

Quando se compara o Perfil 2 (Figura 02) com o Perfil 1 (Figura 01), este mostra um relevo bem mais acidentado, com cachoeira na entrada do reservatório, enquanto que o outro possui um

relevo mais plano, sendo a área onde foi construída a barragem do reservatório da UHE Foz do Rio Claro, pois as barragens são construídas em vales mais estreitos e encaixados.

Em relação aos perfis longitudinais, o Perfil da margem direita (Figura 08), onde ocorre o predomínio de rochas basálticas da Formação Serra Geral, é caracterizado por apresentar relevos que se classificam entre suave ondulado (3 % a 20 %), classificada na bacia como SRAIII, característico dos relevos de planalto, segundo a classificação de Ross (1990). Esse tipo de relevo, que pode ser encontrado em todas as estruturas geológicas é chamado de “formas residuais” (de resíduo, ou seja, do que ficou do relevo atacado pela erosão). Pedologicamente, foi verificada a presença de Latossolo Vermelho distroférico e Latossolo Vermelho distrófico, em altitudes variando entre < 350 m a 450 m. Foi possível identificar a presença de vegetação nas margens dos afluentes, o que possibilita maior preservação quando se compara com as áreas de influência de rochas areníticas.

Figura 08 – Perfil 3: Margem direita da Bacia estudada



Fonte: Nogueira (2020)

O Perfil 4 (Figura 09) foi traçado na margem esquerda da bacia estudada, com cotas que variam entre < 350 m a 450 m. Na área de influência das rochas basálticas, das quais foram originados os Latossolos Vermelho distroférico, que, segundo a EMBRAPA (2006), são solos com alta suscetibilidade à erosão quando não ocorre o manejo adequado. Com declividade de 3 % a 20 %, a área é classificada como SRAIII até o córrego Grotão e SRAIV do córrego Grotão até o barramento, com ocorrência de relevos entre suave-ondulado a ondulado.

Na margem esquerda, existem dois afluentes, córrego Quebra Cão e Alecrim, e o uso do solo é predominante de pastagem, com alguns resquícios de Cerrado nas margens; porém, o gado tem acesso direto ao córrego do Alecrim, o que tem culminado no assoreamento, ocasionando a formação de uma erosão próximo ao córrego, local em que têm sido depositados entulhos de construção (Fotos 11A e 11B).

Figura 09 – Perfil 4: Margem esquerda da Bacia estudada



Fonte: Nogueira (2020)

Figura 10 – Acesso do gado às margens do Córrego do Alecrim



Fonte: Nogueira (2020)

Figuras 11A e 11B – Erosão próxima à margem do Córrego do Alecrim



Fonte: Nogueira (2020)

As rochas areníticas deste perfil são recobertas por Latossolo Vermelho distrófico e Latossolo Vermelho distroféricos, com declividades de 0 a 20 %, com atuação dos relevos SRAIII e SRAIV, altitudes variando de 350 m a 450 m e predomínio de pastagem no uso do solo.

Com base na análise integrada dos perfis, trabalho de campo, Geologia, altimetria, declividade e solos, foi possível identificar duas geounidades para a área de estudo (Quadro 01).

Quadro 01 – Geounidades da área de estudo

	Geounidade 1	Geounidade 2
Formação Geológica	Serra Geral	Vale do rio do Peixe
Litologia	Basalto	Arenito
Solos	Latossolo Vermelho Distroférico e latossolo vermelho distrófico	Latossolo Vermelho Distroférico e latossolo vermelho distrófico
Declividade	0 a 45%	0 a 20%
Relevo	De Plano a Montanhoso SRAIII e SRAIV	De Plano a Ondulado SRAIII e SRAIV
Altimetria	< 350 m a 450 m	< 350 m a >500 m
Uso	Mata ciliar	Mata ciliar, Cerrado e pastagem

Fonte: Nogueira (2020)

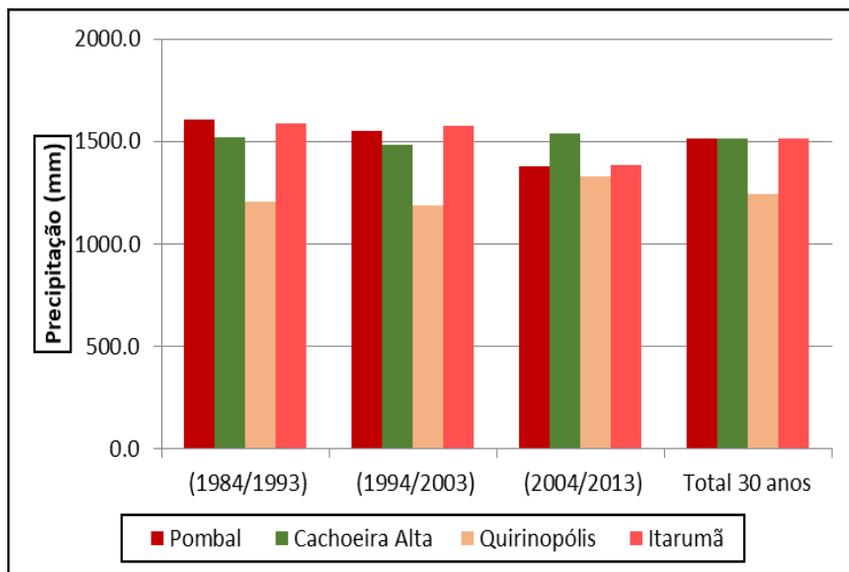
Foi possível identificar, conforme estudos e análises dos perfis, duas Geounidades para a área da pesquisa. A partir da análise integrada, foi possível compreender que a porção sobre influência das rochas basálticas da Formação Serra Geral (Geounidade 1) ocupa uma área de aproximadamente 40 km².

A Geounidade 2 encontra-se sob influência das rochas areníticas da Formação Vale do Rio do Peixe, principalmente o perfil da margem esquerda, e ocupa uma área de aproximadamente 25 km². É composta predominantemente por Latossolo Vermelho distroférico, seguido do Latossolo Vermelho distrófico em menor proporção.

O clima da região, de acordo com as pesquisas realizadas por Marcuzzo, Cardoso e Faria (2012), Lima (2013), Lima e Mariano (2014) e Lopes e Mariano (2018), para a bacia do Rio Claro, é classificado como Awa, tropical de savana, mesotérmico, indicando a ocorrência de um período chuvoso, que se estende de outubro a abril, com maior concentração de chuvas, que variam de 80 a 500 mm mensais, e um período menos chuvoso, de maio a setembro, em que a precipitação pode chegar a zero no mês de julho. A média anual da precipitação varia de 1400 a 1750 mm. A temperatura média do mês mais quente é de 24 °C e a máxima absoluta ocorre em torno de 38 °C. A temperatura média do mês mais frio é de 18 °C

Para se compreender os índices pluviiais que ocorrem na bacia, foi montado um banco de dados com uma série histórica de 30 anos (de 1984 a 2013) das precipitações (Figura 12) de quatro postos pluviométricos mais próximos do reservatório, visto que não existia nenhum posto pluviométrico na área de estudo até o ano de 2014. Foram verificadas as distribuições da precipitação quanto aos períodos distintos no estado de Goiás, período com baixo índice de chuva (maio a setembro) e alto índice de chuva (outubro a abril), buscando detectar possíveis tendências de aumento.

Figura 12 – Precipitação total para os decênios avaliados

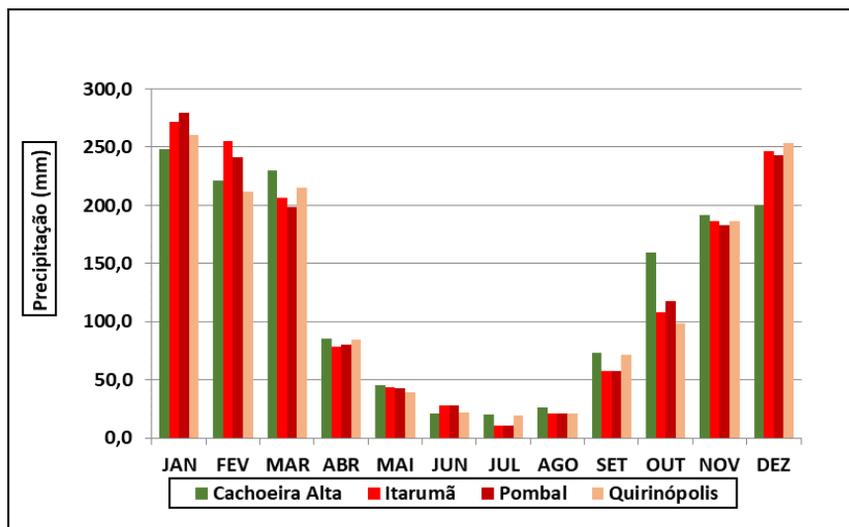


Fonte: Nogueira (2018)

Verifica-se, para os quatro postos pluviométricos dos três decênios, que as médias ficaram acima de 200 mm para os meses de janeiro, fevereiro, março e dezembro, com um decréscimo para os meses de outubro e novembro, considerados chuvosos. Enquanto para os períodos considerados secos (maio a setembro) a média para os três decênios é de aproximadamente 86 mm (Figura 13).

É possível observar, na figura 12, que, para a área de estudo, as chuvas demonstram tendência de redução nos meses de abril a setembro, e as maiores concentrações são verificadas nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, o que corrobora pesquisas já realizadas por Lima e Mariano (2014) e Lopes e Mariano (2018) para a região, nas quais a precipitação pluvial anual varia entre 1400 e 1600 mm, no período chuvoso (outubro a abril), e entre 80 mm a 300 mm, no período seco.

Figura 13 – Precipitação pluvial média para o período de 1984 a 2013 (30 anos)

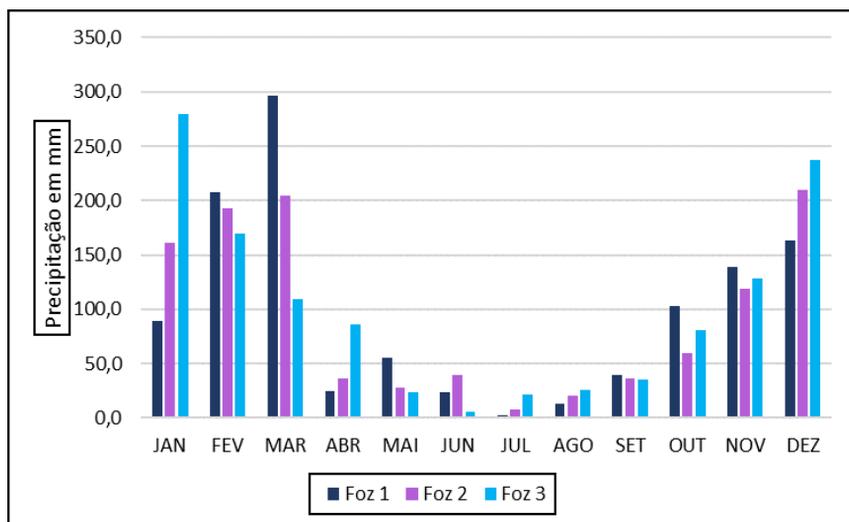


Fonte: Nogueira (2018)

A partir da soma das médias no posto Cachoeira Alta, choveu cerca de 18,5 % para o período seco e 81,5 % para o período úmido. No posto de Itarumã, a porcentagem para os períodos seco e úmido, respectivamente, foi de 10,9 % e 89,1 %; para o posto de Pombal, 10,8 % e 89,2 %; para o posto de Quirinópolis, foi de 11,3 % para o período seco e 88,7 % para o período úmido, o que indica uma forte contribuição dos meses de outubro a março na precipitação pluviométrica para a região.

A fim de verificar se esses índices de precipitação ocorriam mesmo na área de estudo, foram instalados quatro pluviógrafos. A partir da análise dos dados referentes aos anos de 2014 a 2017, verificou-se (Figura 14) que a precipitação para a bacia apresenta as variações que podem ser consideradas não muito distantes quando comparadas com os dados de 30 anos. Existe uma diminuição da precipitação pluvial entre os meses de abril e setembro e aumento entre outubro e março.

Figura 14 – Precipitação pluvial média para o período de 2014 a 2017



Fonte: banco de dados Laboratório de Climatologia/UFJ (2019).
Organizado por Nogueira (2018)

Para os pluviômetros instalados na área da pesquisa, foi verificado que o comportamento da precipitação se assemelha aos dados obtidos da ANA. Para o posto de Foz 1, as médias mensais para os anos de 2014 a 2017 foram de 3,0 mm para o mês de julho e 296 mm para março. O posto de Foz 2 obteve as médias mensais para os anos avaliados de 7,9 mm para o mês de julho e 209 mm para o mês de dezembro. Para o posto Foz 3, as médias foram de 5,7 mm para junho e 279 para janeiro.

Com base na distribuição da precipitação pluviométrica para os períodos secos e chuvosos, 75,3 % da chuva anual concentra-se em apenas cinco meses do ano (novembro a março). O excesso de precipitação em solo desprotegido acarreta degradação ambiental, além de promover uma espécie de lavagem dos solos de uma determinada área, levando os sedimentos para os pontos mais baixos, que são os mananciais (DAMIÃO *et al.*, 2010).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Litologicamente, os basaltos da Formação Serra Geral se encontram no antigo leito do rio e afluentes, e os arenitos da Formação Vale do Rio do Peixe ocorrem fora dos vales até as escarpas dos morros testemunhos.

Segundo a base cartográfica para a área de estudo, existiam dois tipos de solos: Latossolo Vermelho distrófico e distroférico, com predominância na área de estudo de Latossolo Vermelho distrófico, porém foi possível verificar, com o trabalho de campo, que, na área de estudo, ocorre a presença de Neossolos Litólicos, que são solos característicos por sua susceptibilidade, o que demonstra que somente a base cartográfica não é suficiente para responder às especificidades da área de estudo.

A dissecação varia entre fraca e média, relevo associado a sistemas lacustres, característicos de rios de planalto, que favorecem a implantação de empreendimentos para geração de energia elétrica. As possíveis áreas fontes de areias para o reservatório situam-se no ponto mais elevado da bacia, a Serra Negra, na Formação Vale do Rio do Peixe, onde se encontram as nascentes dos córregos Marimbondo e Quebra Cocão, afluentes que têm uma draga instalada para retirada de areia próxima à sua desembocadura no reservatório.

As declividades de 20 a > 45 % ocupam 2 % da bacia, enquanto que as classes entre 0 a 20 % ocupam 98 % da párea de estudo indicando que o solo pode ser utilizado para práticas agrícolas desde que se faça as devidas contenções quanto à erosão.

Foi possível identificar duas Geounidades na área da pesquisa, com características de solos, geologia e relevos semelhantes, que corroboram a premissa inicial da pesquisa quanto à influência do relevo no carreamento de sedimentos para a área do reservatório, visto que, nas maiores altitudes, ocorre a Formação Vale do Rio do Peixe, que possui sedimentos finos e pouco consolidados, o que facilita seu transporte para as altitudes mais baixas.

O clima é típico da região dos Cerrados, com 80 % da precipitação pluviométrica concentrada entre os meses de outubro e abril, considerado o período chuvoso. De maio a setembro, ocorre o período considerado seco ou com baixo índice de chuvas.

5. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Edital CAPES 071/2013 – Processo número 88881.068465/2014-01.

6. LISTA DE SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas

APP – Áreas de preservação permanente

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

GO – Goiás

GPS – Sistema de Posicionamento Global

Km – Quilômetro

Km² – Quilômetro quadrado

PADAP – Programa de Assentamento Dirigido do Alto Paranaíba

PCH – Pequena Central Hidrelétrica

POLOCENTRO – Programa de Desenvolvimento dos Cerrados

PROCEDER – Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para o Desenvolvimento dos Cerrados

SIEG – Sistema Estadual de Estatística e Informações Geográficas de Goiás

SIG – Sistema de Informações Geográficas

SRA – Superfície Regional de Aplainamento

SRAIVC1 – Superfície Regional de Aplainamento com dissecações fracas

UHE – Usina Hidrelétrica

UTM – Universal Transversa de Mercator

7. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. HIDROWEB. 2017. Disponível em: www.ana.gov.br. Acesso em: 15 abr. 2019.

DAMIÃO, J. O. *et al.* Balanço hídrico da região de Ilha Solteira, noroeste paulista. *In*: XX CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM – CONIRD. Uberaba/MG. 06 a 08 de dezembro de 2010. **Anais [...]** Uberaba, 2010.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997.

FERNANDES, L. A. **Mapa litoestratigráfico da parte oriental da bacia Bauru** (PR, SP, MG), escala 1:1. 000.000. Boletim Paranaense de Geociências, 55, p. 53-66, 2004.

COMES, F. P. *et al.* Influência do Ph na adsorção de níquel em latossolos. VIII EPCC – ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA CESUMAR – UNICESUMAR, 2013, Maringá. **Anais Eletrônicos [...]**. Maringá: CESUMAR, 2013.

LIMA, A. M.; MARIANO, Z. F. Análise microclimática no interior e fora das florestas estacionais semidecíduais na área da bacia da Usina Hidrelétrica de Caçu – GO. **Revista do Departamento de Geografia – USP**, v. 27, p. 67-87, 2014.

LIMA, A. M. **Relação clima e vegetação na área das bacias das usinas hidrelétricas de Barra dos Coqueiros e Caçu – GO**. 2013. 93 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Goiás – Campus Jataí – UFG; CAJ, Programa de Pós-graduação em Geografia/PPG-GEO, Jataí, 2013.

LOPES, R. M.; MARIANO, Z. de F. Análise dos Episódios de Verão e Inverno na Área de Influência dos Reservatórios Caçu e Barra dos Coqueiros – GO. **Geoambiente On-line – Revista Eletrônica do Curso de Geografia – UFG/REJ**, n. 30, 2018.

MANZATTO, C. V.; FREITAS JUNIOR, E. de; PERES, J. R. R. (org.). **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002.

MARCUZZO, F. F. N.; CARDOSO, M. R. D.; FARIA, T. G. Chuvas no Cerrado da região Centro-Oeste do Brasil: análise histórica e tendência futura. **Ateliê Geográfico**, v. 6, n. 2, p. 112-130, ago. 2012.

MORAGAS, W. M. **Análise dos sistemas ambientais do alto Rio Claro – Sudoeste de Goiás: contribuição ao planejamento e gestão**. 217 f. Tese (Programa de Pós-graduação em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2005.

NOGUEIRA, P. F. **Aspectos quali-quantitativo dos solos e sedimentos da área de influência direta do empreendimento hidrelétrico Foz do Rio Claro (Go)**. Tese (doutorado), Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí; Programa de Pós-graduação em Geografia/PPG-GEO. Jataí GO. 2020.

NOGUEIRA, P. F. Avaliação do potencial erosivo da chuva: estudo de caso em quatro postos pluviométricos no estado de Goiás. *In*: **Análise integrada em bacias hidrográficas**: estudos comparativos com distintos usos e ocupação do solo. São Paulo: FFLCH/ USP, 2019.

OLIVEIRA, D. H., R., ACORSI M. G., SMANIOTTO, D. A. **Águas subterrâneas**: seção estudos de caso e notas técnicas. [S. l.]: ABAS, 2018.

ROCHA, R. M. *et al.* Caracterização morfométrica da sub-bacia do rio Poxim-Açu, Sergipe, Brasil. **Ambiente & Água**, v. 9, n. 2, p. 276-287, 2014. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1980993X2014000200009&script=sci_abstract&lng=pt/Doi:10.4136/ambi-água.1289.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia**: ambiente e planejamento. São Paulo: Contexto, 1990.

SISTEMA ESTADUAL DE ESTATÍSTICAS INFORMAÇÕES GEOGRAFIAS DE GOIÁS – SIEG. 2018. Disponível em: <http://www.sieg.go.gov.br>. Acesso em: 10 nov. 2018.

SOARES, L. S. *et al.* Análise morfométrica e priorização de bacias hidrográficas como instrumento de planejamento ambiental integrado. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 31, p. 82-100, 24 jun. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/rdg.v31i0.107715>. Acesso em: 17 mar. 2018.

SPORL, C.; ROSS, J. L. S. Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. **Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 15, p. 39-49, 2004.

STIPP, N. A. F.; CAMPOS, R. A.; CAVIGLIONE, J. H. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Taquara: uma contribuição para o estudo das ciências ambientais, **Portal da Cartografia**, Londrina, v. 3, n. 1, 2010.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

au-
to-
res

os autores

Alécio Perini Martins

Licenciado (2007), Bacharel (2007), Mestre (2009) e Doutor (2015) em Geografia pela Universidade Federal de Uberlândia. Docente nos cursos de Graduação e Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Jataí, onde é coordenador do Programa de Pós-graduação em Geografia (Mestrado e Doutorado). Tem experiência na área de Geografia, atuando principalmente nos seguintes temas: Geotecnologias (com ênfase em Sensoriamento Remoto), Planejamento e Análise Ambiental, Modelagem em Geografia Física e Climatologia Geográfica.

Ana Karoline Ferreira dos Santos

Licenciatura/bacharelado em Geografia pela Universidade Federal de Goiás (UFG) – Regional Jataí (2016/2018), Mestra em Geografia, UFG – Regional Jataí (2018). Doutoranda em Geografia – UFJ (antiga UFG – Regional Jataí). Tem experiência na área de Geotecnologias, atuando no ramo de sensoriamento remoto de ambientes aquáticos e Sistemas de Informação Geográfica. Atualmente, é professora de Geografia da rede pública de ensino do Estado de Goiás, cidade de Jataí, atuando na segunda fase do ensino fundamental (6º ao 9º ano) e médio (1º ao 3º ano), com experiência no ensino de tempo integral e rural.

Assunção Andrade de Barcelos

Bacharel em Geografia pela Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí (2014), Mestrado em Geografia, pelo Programa de Pós-graduação da Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí – Organização do Espaço nos Domínios do Cerrado Brasileiro – linha de pesquisa: Análise Ambiental do Cerrado Brasileiro (2017), orientador Professor Dr. João Batista Pereira Cabral. Doutorando em Geografia na Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí, área: Organização do Espaço nos Domínios do Cerrado Brasileiro, linha de pesquisa: Análise Ambiental do Cerrado Brasileiro, orientador: Prof. Dr. João Batista Pereira Cabral. Atua principalmente na linha de pesquisa: Recursos Hídricos, Classificação de Corpos d'água, Índice de Qualidade da Água. Participa do Projeto de Pesquisa Análises Integradas em Bacias Hidrográficas com distintos usos e ocupação do solo entre as Universidades: UFG – Regional Jataí, USP e UFSM. Servidor Público Federal da Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí.

Cássio Arthur Wollmann

Graduado em Geografia Bacharelado pela Universidade Federal de Santa Maria (2007), tendo sido orientado pela Prof.^a Dr.^a Maria da Graça Barros Sartori. Doutor (Doutorado Direto – 2011) e Pós-doutor (2017-2018) pelo Programa de Pós-graduação em Geografia Física, da Universidade de São Paulo (USP – São Paulo, SP), tendo sido orientado e supervisionado pelo Prof. Dr. Emerson Galvani, cujos temas centrais da tese e estágio pós-doutoral desenvolvidos foram Climatologia Geográfica e Climatologia Agrícola. Atualmente, Professor Associado (Nível I) do Departamento de Geociências da Universidade Federal de Santa Maria, atuando nos Cursos presenciais de Geografia (Bacharelado e Licenciatura Plena), Licenciatura em Geografia (EaD/UAB) e no Programa de Pós-graduação em Geografia, orientando teses e dissertações voltadas à temática do Clima Urbano. É pesquisador líder do Grupo de Pesquisa do Laboratório de Climatologia em Ambientes Subtropicais (LaCAS), oficialmente registrado no Diretório de Grupos de Pesquisa no Brasil, do CNPq, podendo ser consultado no *site* <http://dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/8330814406402566>. Sommelier profissional, formado pela Associação Brasileira de Sommeliers (ABS), e certificado pela Associação Internacional de Sommeliers – AIS (2017). E-mail: cassio_geo@yahoo.com.br. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9512055876805245>

Douglas Stefanello Facco

Graduado no curso superior de Tecnologia em Geoprocessamento e no curso superior de Formação de Professores PEG pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). cursou Especialização em Geomática e Mestrado pelo Programa de Pós-graduação em Geografia (PPGGEO) da UFSM. Atualmente, é aluno de Doutorado no Programa de Pós-graduação em Sensoriamento Remoto na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Tem experiência na área de Geotecnologias, atuando no ramo de Sistemas de Informação Geográfica; Sensoriamento Remoto; Processamento Digital de Imagens Orbitais, desenvolvendo pesquisas nas temáticas: Monitoramento da qualidade da água em reservatórios, Dinâmica espaço-temporal do Uso e Cobertura da Terra. E-mail: douglas.s.facco@hotmail.com

Emerson Galvani

Doutorado em Agronomia (Energia na Agricultura) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, em 2001, em Botucatu/SP. Mestre em Agrometeorologia pela ESALQ/USP, em 1995. Atualmente, é Professor Doutor da Universidade de São Paulo. Atua na área de Geografia, com ênfase em Geografia Física, Climatologia e Microclimatologia. Em seu currículo Lattes, os termos mais frequentes na contextualização da produção científica e tecnológica são: microclima, balanço de energia, atributos climáticos, microclima de ambientes específicos. Bolsista de pesquisa e produtividade do CNPq (1D). Editor Chefe da Revista Brasileira de Climatologia, e Vice-presidente da Comissão de Graduação da FFLCHC. E-mail: egalvani@usp.br.
Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2026434763745090>

Eliane Maria Foletto

Possuiu graduação em Geografia Licenciatura pela Faculdade de Ciências e Letras Imaculada Conceição, no ano de 1989. Mestra em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), em 1995. Doutora em Engenharia de Produção pela UFSC, em 2003. Atualmente, é professora Titular do Departamento de Geociências da UFSM, atuando nos Cursos presenciais de Geografia (Bacharelado e Licenciatura Plena) e no PPGGEO. Tem experiência na área de meio ambiente, atuando principalmente nos seguintes temas: Gestão Ambiental, Hidrogeografia, Recursos Hídricos, Bacias Hidrográficas e Áreas Protegidas. Participante do Grupo de Pesquisa PANGEA e participante do PROCAD, edital CAPES 071/2013. E-mail: efoletto@gmail.com

Ezequiel Pereira da Silva

Licenciado em Geografia pela Universidade Federal de Goiás (2019), tendo como linha de pesquisa a climatologia geográfica. Como pesquisador, participou do projeto de pesquisa “Análise integrada em Bacias Hidrográficas: Estudos Comparativos com distintos usos e ocupação do solo” com a função de gerente de pesquisa do banco de dados climatológico da bacia hidrográfica do Rio Claro sob orientação dos Professores Dr.^a Regina Maria Lopes e Dr. João Batista Pereira Cabral, pesquisadores e docentes da Universidade Federal de Jataí, antiga Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí.

Fernanda Luisa Ramalho

Doutoranda em Geografia pela Universidade Federal de Goiás. Bacharel e licenciada em geografia pela Faculdade de Ciências Integradas do Pontal (FACIP), câmpus da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), no ano de 2015. Mestra em geografia na linha da organização do espaço nos domínios do cerrado brasileiro pela Universidade Federal do Goiás (UFG) – Regional Jataí. Membro do laboratório de Pesquisa Geociências (UFG) – Regional Jataí. Atua nas linhas de pesquisa: qualidade de água, bacias hidrográficas, indicadores ambientais, gamaesctrometria.

Germano Silva Albuquerque

Graduando em Geografia pela Universidade Federal de Jataí (UFJ), atualmente integrante do Laboratório de Climatologia Geográfica, atuou como participante do projeto de pesquisa “Análise Integrada em Bacias Hidrográficas: Estudos Comparativos com distintos usos e ocupação do solo” entre as Universidades: UFG/Regional Jataí, USP e UFSM.

Gisieli Kramer

Geógrafa, doutoranda no programa de pós-graduação em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, 2017-2021). Bolsista FAPERGS/CAPES, integrante do Laboratório de Geotecnologias (LABGEOTEC) da UFSM e voluntária no projeto Núcleo de Inteligência Terrestre, organizado pela Fundação Parque Tecnológico de Itaipu (2018-2023). Especialista em estudos de Perícia, Auditoria e Gestão Ambiental (UNIPAR, 2013). Mestrado em Análise Ambiental e Dinâmica Espacial (UFSM, 2009). Geografia Bacharelado (UFSM, 2007).

Hudson Moraes Rocha

Possui graduação em Geografia Licenciatura pela Universidade Federal Goiás (2005-2008/Goiânia), Geografia Bacharelado pela Universidade Federal Goiás (andamento-Regional Jataí), Mestrado em Geografia pelo Programa de Pós-graduação em Geografia/PPG-GEO – *Stricto sensu* da Universidade Federal de Goiás (2010-2012/ Jataí), Doutorado em Ciências Ambientais pela Pró-reitoria de Pós-graduação (PRPG), Universidade Federal de Goiás (2013-2018/ Goiânia) e Pós-doutorado em andamento pelo Programa de Pós-graduação em Geografia/PPG-GEO – *Stricto sensu* da Universidade Federal de Goiás (2018-2019/Jataí). Ingressou na Universidade Federal de Goiás em janeiro de 2019 como professor convidado. Tem experiência científica na área de Zoologia (Macroinvertebrados bentônicos) e Ecologia de rios, Ecologia de Comunidades e Ecologia Aplicada; Monitoramento de Recursos Hídricos e Sustentabilidade Ambiental, Análise de bacias hidrográficas, Hidrossedimentologia e Pluviometria. Foi estagiário com bolsa remunerada pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), vinculada ao Ministério de Minas e Energia, que tem as atribuições de Serviço Geológico do Brasil (2009-2010). Foi Bolsista Voluntário no projeto “O clima urbano” (2005-2006), Bolsista PIBIC com o projeto intitulado “Variabilidade e tendência climática e sua relação com a cultura da soja no Sudoeste de Goiás” (2006-2007). Atualmente, participa de projetos de pesquisa.

Ismael Luiz Hoppe

Possui graduação em Licenciatura Plena (2015), Bacharel (2018) em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria. Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Maria (2018) e doutorando pelo mesmo programa (2019-), na linha de Pesquisa: Dinâmicas da Natureza e Qualidade Ambiental do cone Sul, sendo orientado pelo Prof. Dr. Cássio Arthur Wollmann. É pesquisador integrante do Laboratório de Climatologia em Ambientes Subtropicais (LaCAS). E-mail: ismael.hoppe@hotmail.com.

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5853845125619213>

Jakeline Baratto

Graduada em Geografia Bacharelado pela Universidade Federal de Santa Maria (2015). Técnica em Meio Ambiente pelo Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria. Mestra em Geografia (2017) e Doutoranda em Geografia (2017-) pelo Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), com tema principal de pesquisas voltados à compreensão da precipitação pluviométrica em bacias hidrográficas, tendo sido orientada pelo Prof. Dr. Cássio Arthur Wollmann em todos os níveis. O tema atual da tese doutoral tem sido a análise do nevoeiro e da precipitação oculta no Parque Nacional de Aparados da Serra. É pesquisadora integrante do Laboratório de Climatologia em Ambientes Subtropicais (LaCAS). E-mail: jakeline.jake@hotmail.com.

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0554980052816155>

Janderlei Velasque Dal Osto

Geógrafo, doutorando no programa de pós-graduação em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Integrante do Laboratório de Geotecnologias (LABGEOTEC) da UFSM. Técnico em Geoprocessamento pelo colégio politécnico da UFSM (2016). Mestre em Geografia, área de concentração Análise Ambiental e Dinâmica Espacial (2019). Atualmente, atua como docente no ensino básico e em cursos preparatórios da rede particular.

João Batista Pereira Cabral

Possui graduação em Geografia pela Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras Imaculada Conceição (1994). Mestrado em Geociências e Meio Ambiente pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – Câmpus Rio Claro (2001). Doutorado em Geologia pela Universidade Federal do Paraná (2006). Pós-doutorado em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria. Atualmente, é professor Associado I da Universidade Federal de Jataí, Editor-chefe da revista científica Geoambiente On-line, pesquisador na área de Geociências com ênfase em Geografia Física e Geologia Ambiental, atuando principalmente nas linhas de pesquisa: Recursos Hídricos (Índice de Qualidade da Água e Índice de Estado Trófico); Aspectos Hidroclimáticos; Hidrossedimentologia; Geotecnologia Aplicada ao Estudo de Bacias Hidrográficas e Recursos Hídricos.

Marcos Augusto Gomes dos Santos

Formado no curso Técnico em Geoprocessamento (2013) pelo Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Curso Superior de Tecnologia em Geoprocessamento pelo Colégio Politécnico da UFSM (2017). Mestre em Geografia pelo Programa de Pós-graduação em Geografia (PPGGEO) UFSM (2020). Atualmente, é acadêmico do Programa de Pós-graduação em Geografia em nível de doutorado. Membro dos grupos de pesquisa no Laboratório de Geotecnologias (LABGEOTEC) coordenado pelo Dr. Waterloo Pereira Filho e Laboratório de Sensoriamento Remoto da Vegetação (SERVEG) coordenado pela Dra. Tatiana Mora Kuplich.

Patrícia da Silva Gomes

Graduanda do curso de Licenciatura em Geografia, na Universidade Federal de Jataí (Antiga UFJ – Regional Jataí). Membro do Laboratório de Pesquisa Geociências Aplicadas – UFJ. Participante do Projeto de Pesquisa Análise Integrada em Bacias Hidrográficas com distintos usos e ocupação do solo entre as Universidades: UFG – Regional Jataí, USP e UFSM.

Patrícia Ziani

Licenciada em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), no ano de 2014. Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Geografia (PPGGEO) da UFSM, em 2017. Atualmente, é discente do curso de doutorado do PPGGEO da UFSM e bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Bacias Hidrográficas, Recursos Hídricos, Hidrogeografia, Paisagem, Unidades de Paisagem, Áreas Protegidas, Unidades de Conservação e Geotecnologias. É participante do Grupo de Pesquisa em Patrimônio Natural, Geoconservação e Gestão da Água (PANGEA) e integrante do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD), edital CAPES 071/2013. E-mail: pathyziani@gmail.com

Pollyanna Faria Nogueira

Possui graduação em Geografia pela Universidade Federal de Goiás/Campus Jataí (2013). Mestrado em Geografia pela Universidade Federal de Goiás/ Regional Jataí (2015). Doutorado em Geografia pela Universidade Federal de Goiás/Regional Jataí (2020). Possui experiência na área de Geografia, com ênfase em estudos Limnológicos, análise de bacias hidrográficas e Educação. Participa de projetos desenvolvidos pelo laboratório de Geociências Aplicadas - LGA/UFG. Graduação em Geografia pela Universidade Federal de Goiás UFG/REJ.

Rafael Dezordi

Graduado no curso superior de tecnologia em Geoprocessamento (UFSM). Mestre em Geografia pelo Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Maria (PPGEO-UFSM), no qual, atualmente, cursa doutorado. Possui experiência na área de Geociências, com ênfase em Geoprocessamento, com atuação nos seguintes temas: drenagem, bacia hidrográfica, geoprocessamento, uso e cobertura do solo, sensoriamento remoto, cartografia, sistemas de informações geográficas, cadastro multifinalitário, mapeamento de delimitação de reserva particular do patrimônio natural (RPPN), modelagem de variáveis limnológicas oticamente ativas. Realizou estágio curricular na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) Uva e Vinho de Bento Gonçalves com atuação no cadastro de vitícolas, manutenção de perfis geológicos. Membro dos projetos de Pesquisas Utilização de sensores remotos para avaliar o índice de estado trófico da água, em uma área piloto na margem esquerda do reservatório da hidrelétrica de Itaipu e formação de rede de áreas protegidas na região central do Rio Grande do Sul.

Regina Maria Lopes

Doutorado em Geografia pela Universidade Federal da Grande Dourados/MS (UFGD). Tem experiência na área de Geografia, com ênfase em climatologia geográfica, atuando principalmente nos seguintes temas: toposclima, microclima e monitoramento ambiental e climático em bacias hidrográficas. Professora do curso de Bacharelado/Licenciatura em Geografia/UFJ, atuando nas disciplinas de Introdução a Climatologia e Climatologia Aplicada a Geografia.

Vagner Apollo Duarte

Graduado em Geografia Bacharelado pela Universidade Federal de Santa Maria (2014-2017), sendo orientado do Prof. Dr. Cássio Arthur Wollmann. Mestre em Geografia pelo Programa de Pós-graduação em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria (2018-2020). Membro do Laboratório de Climatologia em Ambientes e Subtropicais (LaCAS/UFMS). Elabora pesquisas, principalmente na área de Climatologia Geográfica, com foco nos seguintes temas: Bacia Hidrográfica, Variabilidade Pluviométrica, Eventos Climáticos Extremos e Climatologia Agrícola. E-mail: vagneraduarte@hotmail.com

Valéria Machado Emiliano

Atualmente, cursa Bacharelado em Geografia pela Universidade de São Paulo (USP), desenvolvendo pesquisas em climatologia geográfica, sob orientação do Prof. Dr. Emerson Galvani, junto ao Laboratório de Climatologia e Biogeografia (LCB).

Valter Antônio Becegato

Doutor em Geologia Ambiental pela Universidade Federal do Paraná (2005). Atualmente, é professor associado da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). Chefe de Gabinete da Reitoria da UDESC em 2012. Chefe do Departamento do curso de Engenharia Ambiental de 2009 a 2011 e de 2013 a 2015. Tem experiência na área Ambiental, com ênfase em Geologia Ambiental, atuando principalmente nos seguintes temas: Estudo de Impacto Ambiental (EIA/RIMA), RAS; RAP; PRAD; Licenciamento ambiental; geofísica aplicada ao meio ambiente (Tomografia elétrica 2D; Radar de penetração-GPR e Gamaespectrometria). Membro do corpo editorial das Revistas: Ciências Agroveterinárias e Geoambiente On-line.

Waterloo Pereira Filho

Geógrafo pela Universidade Federal de Santa Maria (1983), mestrado em Sensoriamento Remoto pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, doutorado em Geografia pela Universidade de São Paulo e pós-doutorado pela University of Victoria – Canadá. Atualmente, é professor da Universidade Federal de Santa Maria. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Sensoriamento Remoto, atua principalmente nos seguintes temas: Limnologia, Uso da Terra e Geotecnologias. Seus projetos principais: 1) Utilização de sensores remotos para avaliar o índice de estado trófico da água, em uma área piloto na margem esquerda do reservatório da Hidrelétrica de Itaipu; 2) Análise integrada em bacias hidrográficas: estudos comparativos com distintos usos e ocupação do solo; 3) Comparação limnológica e espectral em reservatórios dos rios Paraná e Jacuí.

editora
UFN



Regional
Jataí

