



INTEGRAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS E O MEIO FÍSICO NA BACIA HIDROGRÁFICA SANTO ANASTÁCIO - UGRHI 22 - PONTAL DO PARANAPANEMA/SÃO PAULO

Beatriz Alves Umbelino ¹
Paulo Cesar Rocha ²

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo entender a integração das variáveis físicas e químicas da água do canal fluvial e correlacioná-las com as condicionantes ambientais (meio físico) da bacia hidrográfica na perspectiva da conectividade entre os canais fluviais e a sua bacia hidrográfica. A área de estudos se refere à Bacia Hidrográfica do rio Santo Anastácio na UPH Santo Anastácio, pertencente à Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) 22, localizada na região do Pontal do Paranapanema no Oeste Paulista (Brasil). Para se atingir o objetivo proposto, foram realizadas as etapas: tomadas de dados no campo em seções de amostragem em diferentes seções transversais no canal fluvial, análise de laboratório, análise do meio físico na bacia hidrográfica, e utilização integrada de sistema de informação geográfica para identificação da conectividade entre as características da bacia hidrográfica e da água no canal. O estudo leva ao entendimento do estado ambiental da bacia hidrográfica e do perfil longitudinal do rio por meio das seis seções de amostragem que mostraram a diferenciação das seções 1 e 6 das demais devido a sua localização (nascente e foz do rio, respectivamente), enquanto as seções 2, 3, 4 e 5 parecem estar mais próximas em comportamento. O estudo possibilitou uma análise integrada por meio de análise de agrupamento entendendo a conectividade funcional e estrutural dos elementos que compõem a bacia hidrográfica.

Palavras-chave: Limnologia, Meio físico, Conectividade, Bacia hidrográfica Santo Anastácio.

ABSTRACT

This work aimed to understand the integration of physical and chemical variables of the river channel water and correlate them with the environmental conditions (physical environment) of the hydrographic basin in the perspective of connectivity between the river channels and its hydrographic basin. The study area refers to the Santo Anastácio River Hydrographic Basin at UPH Santo Anastácio, belonging to the Water Resources Management Unit (UGRHI) 22, located in the Pontal do Paranapanema region in Oeste Paulista (Brazil). To achieve the proposed objective, the steps were taken: field data collection in sampling sections in different cross sections in the river channel, laboratory analysis, analysis of the physical environment in the watershed, and integrated use of geographic information system for identification of connectivity between the characteristics of the river basin and the water in the channel. The study leads to an understanding of the environmental status of the watershed and the longitudinal profile of the river through the six sampling sections that showed the differentiation of sections 1 and 6 from the others due to their location (source and mouth of the river, respectively), while sections 2, 3, 4 and 5 seem to be closer in behavior. The study enabled an integrated analysis through cluster

¹ Mestranda do PPGG da Universidade Estadual Paulista FCT/UNESP, beatriz.umbelino@unesp.br;

² Professor do Departamento de Geografia da Universidade Estadual Paulista FCT/UNESP, paulo-cesar.rocha@unesp.br;



analysis understanding the functional and structural connectivity of the elements that make up the watershed.

Keywords: Limnology, Physical environment, Connectivity, Santo Anastácio hydrographic basin.

INTRODUÇÃO

A água constitui um dos compostos de maior distribuição e importância na crosta terrestre. Sua importância para a vida está no fato de que nenhum processo metabólico ocorre sem a sua ação direta ou indireta. Foram suas propriedades anômalas, comparando com outros compostos, que possibilitaram o surgimento e a manutenção da vida na Terra (ESTEVES, 1998).

O conhecimento das características fluviais é importante não somente no que concerne aos recursos hídricos, tanto do ponto de vista da hidráulica e do controle da erosão, como também do ponto de vista sedimentológico, geomorfológico e do planejamento regional (MOTA, 1995, p.25).

A pesquisa considerou o estudo ambiental dos recursos hídricos, exaltando seus aspectos limnológicos e a conectividade presente entre os sistemas aquático e terrestre correlacionando-os com o meio físico. A área de estudo é a Bacia Hidrográfica do rio Santo Anastácio na UPH Santo Anastácio, pertencente à Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) 22, e à área de atuação do Comitê das Bacias Hidrográficas do Pontal do Paranapanema (CBH-PP), localizada na região do Pontal do Paranapanema no Oeste Paulista (Brasil).

Buscou-se entender a integração entre as variáveis limnológicas encontradas no canal fluvial, com cada compartimento do meio físico presente no recorte da bacia hidrográfica, afim de compreender a conectividade estrutural e funcional presente entre os elementos de estudo.

Para tanto, avaliou-se o estado da água, a partir de levantamentos limnológicos em 6 seções fixas transversais no canal fluvial do rio Santo Anastácio, na área da UPH Santo Anastácio, UGRHI 22 em dois momentos, o primeiro no mês 12/2019 e o segundo no mês 03/2020. Correlacionou-se os dados limnológicos (variáveis químicas (pH e oxigênio dissolvido) e físicas (temperatura do ar e da água, condutividade elétrica, sólidos suspensos totais, turbidez) da água) com os do meio físico (aspectos litológicos, unidades de relevo, hipsometria, declividade, tipos de solo), com a finalidade de identificar a



estrutura e função dos elementos de conectividade que integram o sistema canal fluvial e bacia hidrográfica.

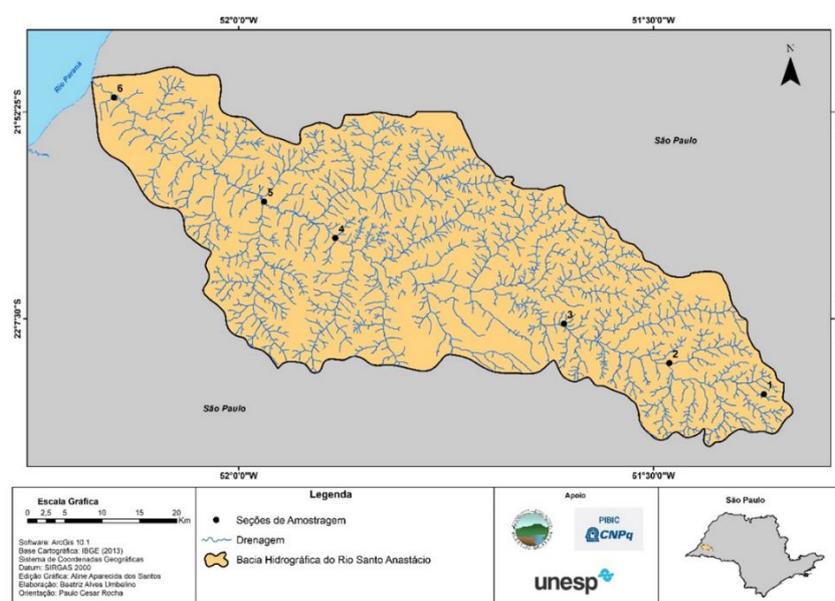
Contribuindo para que haja um melhor planejamento ambiental para com a área abordada, visto sua importância para a região do Pontal do Paranapanema, como fonte de abastecimento público e atividades agrícolas.

METODOLOGIA

Realizou-se inicialmente um levantamento bibliográfico sobre a temática, sendo feito fichamentos das mesmas. Estes fichamentos foram utilizados como materiais de apoio, embasando o referencial teórico deste estudo, foram feitas leituras de alguns artigos, livros, manuais, publicações e sites a fim de contribuir com informações complementares durante todas as etapas do trabalho.

Os locais de amostragem e sua quantidade foram definidos, considerando o alto, médio e baixo curso do rio. Neste caso, optou-se por seis seções de amostragem ao longo do canal fluvial do rio Santo Anastácio, Bacia Hidrográfica do rio Santo Anastácio, contida na UPH Santo Anastácio, UGRHI 22, afim de se obter o levantamento limnológico. Sendo a seção de número 1 localizada na área da nascente e a seção de número 6 perto da foz do rio Santo Anastácio.

Figura 1: Mapa de localização das seções de amostragem.



Fonte: Da autora (2021).



Neste momento foi definido também o período de análise, optou-se pela amostragem sazonal, priorizando os meses de “águas altas”, dessa maneira foi realizado um trabalho de campo no dia 17 de dezembro de 2019 e um nos dias 11 e 12 de março de 2020. Nestas datas foi possível fazer o levantamento dos dados de geometria hidráulica do canal, assim como obter os dados de limnologia e o registro fotográfico para identificar e comprovar informações relevantes à pesquisa, auxiliando também na classificação das características limnológicas e realizar o georreferenciamento das seções por meio de um receptor GPS.

Nesta pesquisa foram medidas as variáveis químicas (pH e oxigênio dissolvido) e físicas (temperatura do ar e da água, condutividade elétrica, sólidos suspensos totais, turbidez) da água, com auxílio de aparelhos específicos, de cada uma das seis seções.

A análise da Vazão e das variáveis contidas na Geometria Hidráulica do canal, como Medidas de Largura da seção, Profundidade e Velocidade da Corrente também foram obtidas em campo, com auxílio de régua rígida, trena flexível e cronômetro, sendo sempre da margem esquerda para a margem direita. Não sendo possível a medição da velocidade média e da vazão na seção 6, por se tratar de um ambiente lótico, não havendo precisão da medição pelo equipamento utilizado, sendo atribuído nas tabelas e gráficos elaborados o valor 0 para tal seção.

A análise de todos os dados colhidos ocorreu por meio de planilhas eletrônicas, que possibilitaram a elaboração de tabelas e gráficos.

Utilizou-se como base para o levantamento e análise do meio físico (geologia, geomorfologia e pedologia) a base cartográfica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2013), da Agência Nacional de Águas (2020), TOPODATA (2020) e como fonte os dados obtidos por meio do Instituto de Pesquisas Tecnológicas in CPTI- UGRHI Pontal do Paranapanema (1997) que auxiliaram na digitalização e vetorização da delimitação da bacia hidrográfica, das curvas de nível e da rede de drenagem.

Para a elaboração da hipsometria da bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio as informações sobre a altimetria da superfície foram derivadas de um modelo digital de elevação construído a partir de dados de altitude obtidos pela missão de levantamento topográfico por radar sub-orbital realizada pela NASA por meio do SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), 2000. As imagens foram processadas no *software* ArcGIS 10.1 e



estabeleceu-se 6 classes hipsométricas, sistematizadas em um mapa temático da bacia hidrográfica.

Foram utilizados dados do sensor SRTM para a elaboração do mapa clinográfico da bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio. Com os dados SRTM (2000) no *software* ArcGIS 10.1 Por meio do mesmo software, criou-se um modelo de dados MNT (Modelo Numérico de Terreno) em seguida gerou-se uma grade triangular, grade retangular e posteriormente extraiu-se a declividade da área, através da ferramenta *3D Analyst*, o arquivo das curvas de nível e a drenagem.

As correlações foram efetuadas a partir de análise integrada dos elementos do canal e da bacia hidrográfica. Para o entendimento das correlações foram utilizadas análises de gráficos, tabelas e as análises estatísticas multivariadas. Utilizou-se ferramentas como planilhas eletrônicas e *softwares* de estatística (*Excel* e *Statistica*).

Para que fosse possível a correlação entre as variáveis abordadas, utilizou-se a Análise de Agrupamento que consiste em reunir objetos (indivíduos ou elementos) em grupos onde exista homogeneidade e aponta concomitantemente a heterogeneidade entre esses grupos, possibilitando assim uma proposta classificatória (Gonçalves, 2011). As análises seguem a seguinte ordem: relações entre as variáveis limnológicas e entre os valores encontrados nas seções de medição nas duas idas a campo e os elementos que demonstram a conectividade existente na bacia hidrográfica.

A interpretação dos processos de conectividade entre os sistemas fluvial e bacia hidrográfica foi efetuada com base nos conceitos de conectividade estrutural (como as paisagens estão fisicamente ligadas, em escalas temporais e espaciais) e conectividade funcional (como as características estruturais influenciam nos processos ao redor), conforme WAINWRIGHT et al. (2011) e WESTER et al. (2014). (ROCHA, 2015).

REFERENCIAL TEÓRICO

A ciência limnológica por ser definida como o estudo ecológico de todas as massas d'água continentais, independentemente de suas origens, dimensões e concentrações salinas. Desta forma, fazem parte de seu objeto de estudo lagos, lagoas, açudes, lagoas, represas, rios, riachos, áreas alagadas, águas subterrâneas, ambientes aquáticos temporários, nascentes, entre outros (ESTEVES, 1998).



Os rios são classificados como ambientes lóticos, ou seja, apresentam movimento, grande fluxo da água. Os estudos desse tipo de ecossistema têm como objetivo entender os processos que regem o movimento e as transformações de energia e materiais dentro dos diferentes sistemas, lembrando que os rios podem ser considerados sistemas abertos, caracterizados pelos processos hidrológicos e geomorfológicos altamente dinâmicos, frente às mudanças climáticas e temporais, com estrutura tridimensional (longitudinal, lateral e vertical) (ODUM, 2010).

O entendimento da dinâmica do sistema fluvial requer consideração do gradiente dos fatores físicos formado pelo trabalho de drenagem, assim têm-se o conceito de continuidade fluvial.

Portanto, o Conceito de Contínuo Fluvial, o qual considera o rio como um sistema que possui um gradiente contínuo de condições ambientais. De acordo com esta teoria, os sistemas lóticos, possuem um gradiente de variáveis ecológicas da nascente a foz, sendo que ao longo do rio ocorrem mudanças na largura, no volume de água, na profundidade, na temperatura, na quantidade e no tipo de material suspenso transportado. Desta forma, o rio é dividido em três regiões geomorfológicas distintas (tamanho dos sistemas lóticos): cabeceira; médio curso e baixo curso (GONÇALVES, 2011, p. 36).

O conceito da continuidade fluvial propõe que o entendimento da dinâmica do sistema fluvial requer consideração do gradiente dos fatores físicos formado pelo trabalho de drenagem. Assim sendo, a estrutura física juntamente ao ciclo hidrológico forma um arcabouço para respostas biológicas e resultam em padrões consistentes de estrutura e função de comunidades, carga de matéria orgânica, transporte, utilização e estocagem ao longo do curso de um rio (VANNOTE *et al.*, 1980).

Rocha e Rocha (2007) argumentam que: o conceito de continuidade fluvial propõe que o entendimento das estratégias biológicas e de dinâmica do sistema fluvial requer consideração do gradiente dos fatores físicos formado pelo trabalho de drenagem. Desta maneira, energia que entra, transporte da matéria orgânica, estoque, e uso pelos grupos consumidores podem ser regulados pelos processos geomórficos fluviais, descrevendo a estrutura e função das comunidades ao longo do curso do rio (ROCHA e ROCHA, 2007).

Para Tundisi, 2008, a composição iônica das águas naturais depende, em grande parte, da geoquímica da bacia hidrográfica e de seus principais eventos: tipos de solo, usos e práticas agrícolas. A distribuição dos nutrientes nas águas continentais é também



influenciada pelos processos de regeneração nas camadas mais profundas dos lagos e na interface sedimento-água. E em relação aos rios, entende que o transporte de material pelos rios varia, evidentemente, com a declividade, a vazão e as diversas situações no continuum do rio. Além do mais, eles constituem uma estrutura básica na heterogeneidade espacial do sistema e elementos de ligação entre os compartimentos das bacias hidrográficas (TUNDISI, 2008).

Segundo Esteves (1998), as pesquisas de ecossistemas aquáticos continentais podem ser realizadas por três etapas: análise, síntese e etapa holística. Onde a etapa de análise é a investigação sistemática das variáveis ambientais para o conhecimento de sua estrutura, inclui-se observações de campo, medição de dados (pH, condutividade elétrica, radiação solar, precipitação, ventos e etc.), que leva a uma descrição do sistema. A etapa de síntese considera as trocas de energia e matéria entre diferentes compartimentos e seus componentes. Por fim, na etapa holística o ambiente terrestre adjacente também é considerado, sendo que o ecossistema aquático é considerado parte integrante da paisagem.

Neste sentido, faz-se importante lembrar que a preocupação com a qualidade ecológica e ambiental da água é relativamente recente. Os projetos mais antigos de aproveitamento de recursos hídricos abordavam com maior ênfase o aspecto quantitativo, procurando garantir as vazões necessárias aos diversos usos previstos para os mesmos (TUNDISI, 2003).

Tundisi (2003) argumenta que:

Um resumo dos principais problemas referentes à quantidade e à qualidade dos recursos hídricos no Brasil mostra uma situação diversificada e complexa que exige avanços institucionais e tecnológicos para recuperação e proteção, além de novas visões para a gestão preditiva, integrada e adaptativa (TUNDISI, 2003, p.95).

A crescente demanda pela utilização dos recursos hídricos faz com que a limnologia esteja diretamente envolvida com o uso racional e a conservação destes recursos. Assim as pesquisas sobre os ecossistemas aquáticos possibilitam o conhecimento da estrutura e o funcionamento desses ecossistemas, viabilizando o seu manejo e a maximização da sua produtividade (ESTEVEES, 1998).



Por variável entende-se “o que é mutável”, assim pode-se dizer que as variáveis limnológicas são as características da água que podem mudar ao longo do tempo e do espaço, num dado sistema aquático, como num rio, por exemplo. Segundo Mota (1995), as características da água podem ser agrupadas em três categorias: físicas, químicas e biológicas, indicando a qualidade ou impureza da água para determinado uso.

Deve-se levar em consideração que “a exploração e o uso da água desses sistemas pelo homem geraram processos adicionais de variabilidade química, física e, inclusive, biológica, tornando mais difícil a colonização e a manutenção de uma diversidade” (TUNDISI, 2008). Tundisi também argumenta que os “rios funcionam como detectores ou acumuladores de informações químicas, ecológicas e biológicas nos vários compartimentos”.

Ao analisar as características físicas, químicas e biológicas dos recursos hídricos, verifica-se uma relação destas com os usos da bacia hidrográfica, o que faz com que o compartimento água seja representativo das diversas atividades humanas desenvolvidas na bacia hidrográfica. Dentro deste contexto, é possível verificar diferenças significativas no eixo longitudinal do rio (da nascente a foz), as quais são decorrentes da urbanização, industrialização, mineração e atividades agropastoris, que, direta ou indiretamente, promovem alterações na estrutura e funcionamento dos sistemas hídricos, com consequências finais para o próprio homem (MORAES, 2001. p. 5).

Assim, fica claro demonstrar que as apropriações pelo homem dos recursos ecológicos, rios, modificam o funcionamento do ecossistema, sendo agente decisivo da ecodinâmica do ambiente. Desse modo, pode-se dizer que a atuação do homem, nas suas diversas formas, sobre o meio ambiente interfere nos processos naturais de sucessão, sendo a “sucessão e organização temporal das comunidades terrestres e aquáticas nas bacias hidrográficas dependem da geomorfologia, das interações climatológicas, hidrológicas e hidrogeoquímicas e dos usos das bacias hidrográficas” (ODUM, 2010).

As características físicas do ambiente, os processos naturais e as formas de uso e cobertura da terra são os principais fatores que contribuem para a alteração física e química da água, através da disponibilização de resíduos orgânicos e compostos químicos de atividades antrópicas (KENITIRO e BIGARELLA, 1990).

Na conceituação da conectividade ecológica, subentende-se “uma série de interação entre diferentes corpos de água e entre sistemas aquáticos e riparianos. Tais



interações incluem o movimento da água, dos sedimentos, nutrientes, detritos e organismos vivos - transporte ativo e passivo” (ROCHA, 2011 *apud* WARD & STANFORD, 1995-B). A conectividade pode ser definida pela maneira como organismos, matéria e energia interligam os ecótonos entre unidades ecológicas adjacentes. A conectividade também se refere à extensão na qual nutrientes, matéria orgânica e outras substâncias cruzam os ecótonos (ROCHA, 2011).

O interesse pelo estudo da conectividade hidrológica tem se desenvolvido nos últimos anos e seu potencial para fornecer uma abordagem integrada para o estudo de sistemas complexos tem sido cada vez mais reconhecida. Pesquisa na conectividade hidrológica também pode ajudar a compreender melhor os efeitos das mudanças no sistema e, assim, fornece conhecimento crucial para gerentes e tomadores de decisão (LEXARTZA-ARTZA e WAINWRIGHT, 2009).

Quantificar a conectividade hidrológica e ecológica tem contribuído para a compreensão dos processos de transporte e dispersão e para a avaliação do potencial de degradação ou restauração do ecossistema (LARSEN *et al*, 2012). Portanto, o desenvolvimento de análise de conjunto de dados multidisciplinares é necessário para ter uma melhor compreensão da conectividade em múltiplos espaços temporais, ajudando a modelar a dinâmica de tal sistema. Esta variação temporal da conectividade resulta em diferentes conjuntos de processos e morfologias (JAIN e TANDON, 2010).

A ferramenta para que seja melhor avaliada a conectividade presente é o estudo da análise estatística multivariada. Segundo Neto (2004), a denominação “Análise Multivariada” corresponde a um grande número de métodos e técnicas que utilizam simultaneamente todas as variáveis na interpretação teórica do conjunto de dados obtidos. A complexidade matemática, própria dos métodos multivariados, remete ao uso do software estatístico o trabalho do cálculo (NETO, 2004).

Através do uso dessa ferramenta é possível agrupar variáveis similares, investigar a dependência entre variáveis agrupadas, relacionar variáveis observadas objetivando prever uma ou mais variáveis, além de construir testes de hipóteses (FERREIRA, 1996). Os métodos estatísticos multivariados podem ser empregados em dados coletados ao longo do tempo e em vários locais dentro de uma bacia hidrográfica para melhor compreender as relações entre os parâmetros monitorados (OLSEN, 2012).

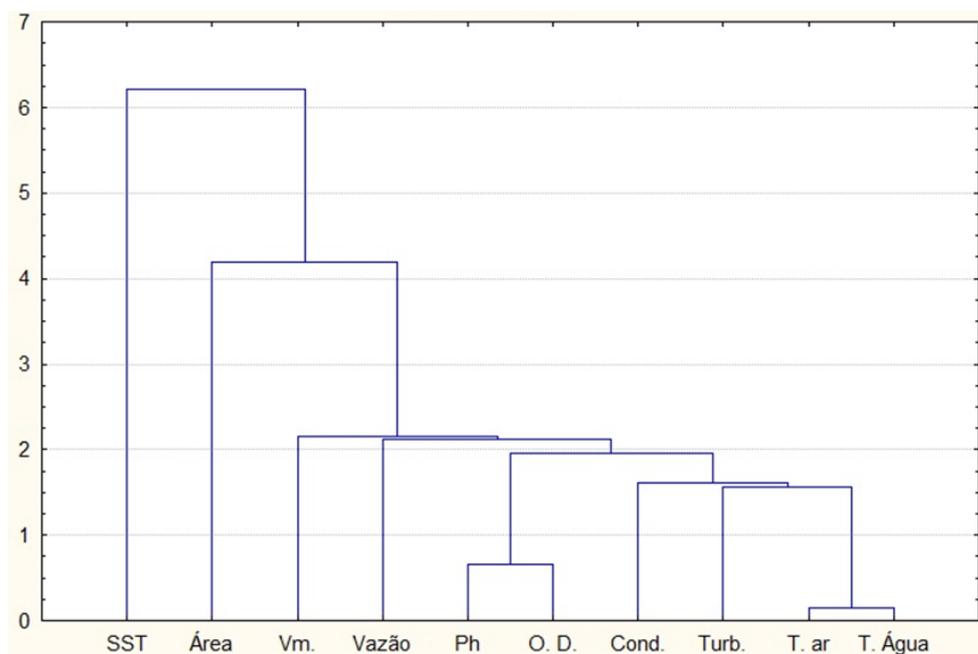


RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio de análise de agrupamento, pode-se dizer que as variáveis que mais se relacionam dentre as limnológicas estudadas (pH, oxigênio dissolvido, temperatura do ar e da água, condutividade elétrica, sólidos suspensos totais e turbidez) da água são: temperatura da água e do ar e o potencial hidrogeniônico com o oxigênio dissolvido, sendo a menor relação dada por meio dos sólidos suspensos totais (figura 2). Isto pode ser observado pelo fato de que estas variáveis estão dentro de um grupo que possuem maior afinidade entre si, apresentando as menores distâncias euclidianas. Enquanto isso, é perceptível que os sólidos suspensos totais é a variável que mais se distancia dos outros elementos, estando assim, em grupo de afinidade diferente das demais.

Em um nível um pouco maior de distância, pode verificar que a Vazão apresenta ligação com o grupo que agrega as variáveis pH e OD e o grupo com a Condutividade Elétrica, Turbidez e Temperatura (ar e água). Isso pode indicar a influência do volume de água a estas variáveis.

Figura 2: Análise de agrupamento das variáveis limnológicas e hidrológicas.



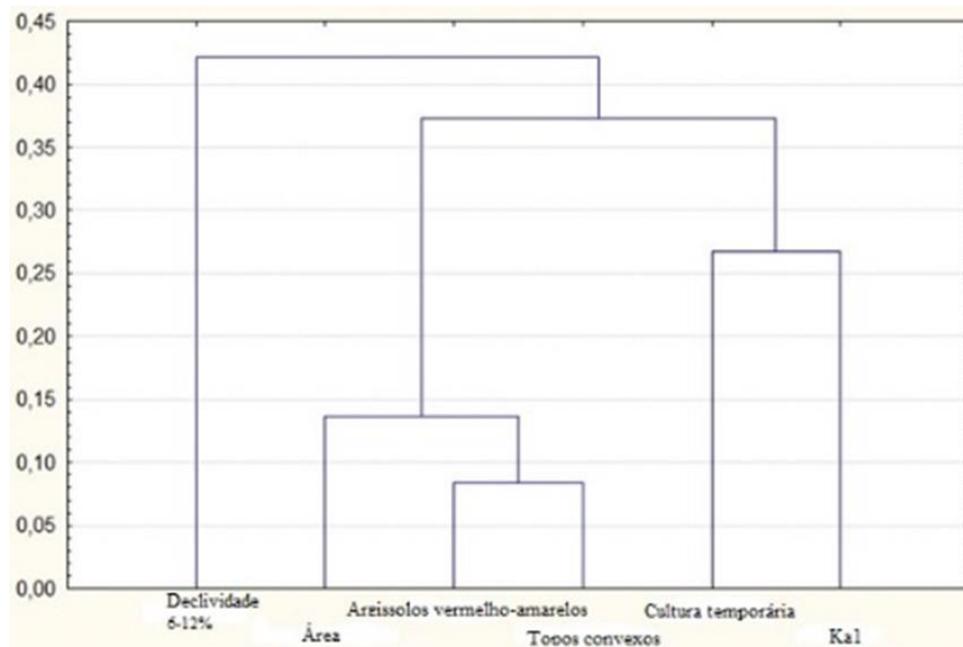
Fonte: Da autora (2021)

A partir dos mapas confeccionados a respeito do meio físico da bacia hidrográfica em questão, aspectos litológicos, unidades de relevo, hipsometria, declividade, tipos de



solo, foi possível obter uma análise de agrupamento ilustrando a função de cada variável física e como elas se relacionam entre si, como pode ser observado na figura 3.

Figura 3: Análise de agrupamento das variáveis físicas dominantes na Bacia Hidrográfica do rio Santo Anastácio.



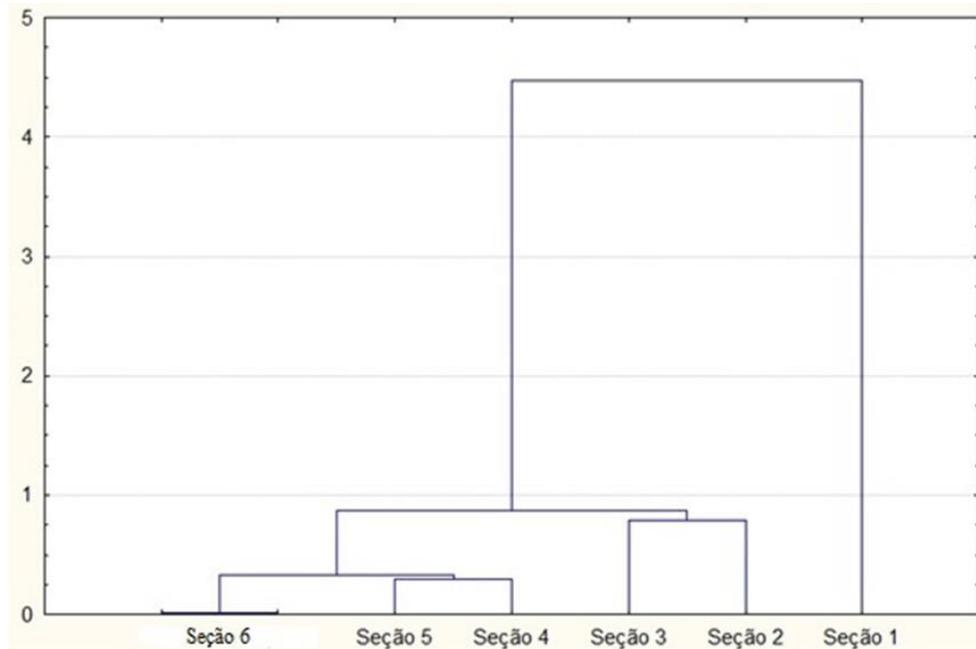
Fonte: Da autora (2021)

Para confeccionar o dendrograma das variáveis físicas dominantes, figura 3, utilizou-se a área em km² o elemento de dominância em cada seção de amostragem, conforme tabela 11, acima.

A análise obtida por meio de agrupamento traz as seguintes informações: é possível observar dois grupos distintos, um composto pelos valores de pedologia, geomorfologia e a área de drenagem encontrada em cada seção de amostragem e outro composto pelo uso e cobertura da terra com a geologia. Tais grupos são interligados pela clinografia da bacia hidrográfica.

As informações comparadas com as seis seções de amostragem transparecem a similaridade e formação de diferentes grupos, onde se tem a noção e separação dos diferentes níveis do canal fluvial, de alto curso (seção 1) e baixo curso (seção 6), como pode ser examinado na figura 4 a seguir:

Figura 4: Análise de agrupamento das variáveis físicas dominantes na Bacia Hidrográfica do rio Santo Anastácio por seção de amostragem.



Fonte: Da autora (2021)

Analisando-a visualmente, percebe-se o desenho do canal fluvial, de baixo curso na esquerda caminhando para médio e alto curso na direita, onde as seções se ordenam de forma decrescente. Isso corrobora com a análise de similaridade dos dados limnológicos.

Observando-o mais atentamente, nota-se que a seção de número 1 se destoa das demais, sendo assim a única seção de fora do grande grupo. Nos subgrupos, as seções que mais se assemelham estão descritas basicamente por pares, onde os valores totais se assemelham com a seção 6, os da seção 5 com a 4 e os da seção 3 com a seção 2. Essa sequência demonstra que as seções a jusante tendem a serem mais parecidas do que para montante e isso serve também para o meio físico da bacia hidrográfica enquanto área de drenagem de cada porção do rio. Além disso, essa figura confirma a discussão realizada na figura 21, indo de acordo com o conceito de continuum fluvial e da teoria geral dos sistemas.

Sintetizando, tanto a seção 1 quanto a seção 6 se diferenciam das demais, sendo mais homogêneas ao longo do tempo, ressaltando aqui que isto está ligado ao fato da seção 1 estar em área de nascente e a seção 6 ser um remanso do reservatório da



hidrelétrica de Primavera. Já as seções 2, 3, 4 e 5 parecem estar mais próximas em comportamento conforme sua sequência no perfil longitudinal, com alguma variação sazonal. Considerando as variações sazonais de entrada de água no sistema e as distâncias entre elas podem aproximar ou distanciar suas similaridades.

A ideia de conectividade como uma análise integrada, busca estudar como os humanos são integrados nos ecossistemas e como essa integração é diversificada em função do espaço terrestre, englobando as demandas impostas pelos humanos nos ecossistemas dos quais eles participam, bem como no ambiente físico e as modificações humanas impostas, voluntariamente ou não, no ecossistema, incluindo o ambiente físico (ROSS, 2009).

Tendo em vista os resultados descritos anteriormente a respeito dos dados colhidos de limnologia do canal fluvial principal e do meio físico da bacia hidrográfica Santo Anastácio, vale destacar que:

Ao analisar as características físicas, químicas e biológicas dos recursos hídricos, verifica-se uma relação destas com os usos da bacia hidrográfica, o que faz com que o compartimento água seja representativo das diversas atividades humanas desenvolvidas na bacia. Dentro deste contexto, é possível verificar diferenças significativas no eixo longitudinal do rio (da nascente a foz), as quais são decorrentes da urbanização, industrialização, mineração e atividades agropastoris, que, direta ou indiretamente, promovem alterações na estrutura e funcionamento dos sistemas hídricos, com consequências finais para o próprio homem (MORAES, 2001. p. 5).

Elementos observados neste estudo que relacionados proporciona a conectividade é a taxa de oxigênio na água. O balanço de oxigênio possui valor indicador muito grande, variando em função das condições climáticas regionais, da localização do rio na altitude ou planície. Alta velocidade da água e a declividade nos cursos superiores estabelecem o balanço de oxigênio através de processos de difusão entre atmosfera e corpo de água. Depois da temperatura, o segundo fator mais importante é a morfologia do rio, ou seja, a declividade que diretamente influi na velocidade da água e na estrutura do leito. O efeito indireto da velocidade também interfere no balanço de oxigênio (PORTO, 2010).

As análises de agrupamento elucidam os elementos estruturais de funcionais da conectividade presente no estudo. Dessa maneira, pode-se listar os elementos de conectividade estrutural os componentes de seu sistema como: as variáveis do meio físico, o perfil longitudinal do rio, a geometria hidráulica do canal fluvial e a limnologia



das seções ao longo do rio. Enquanto os elementos de conectividade funcional estão ligados às direções das relações do meio físico para com o perfil longitudinal do rio que por sua vez se relaciona com a geometria hidráulica das seções de amostragem.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Seguindo a abordagem da teoria geral dos sistemas e da conectividade existente entre as variáveis e entre todas as ações e reações (sejam elas antrópicas ou naturais) foi possível constatar neste trabalho que todas as variáveis formam um grande conjunto, estando dependentes uma das outras. Isso significa que a degradação de uma variável causa consequências e variações em todas as outras, logo, as intervenções que visam a correção ou o equacionamento de uma determinada variável redundarão em melhoramento de outras.

As variáveis limnológicas se mostram importantes ao trabalhar com bacias hidrográficas e compreender o grau de conectividade funcional e estrutural existente no sistema. Sendo possível compreender que o conjunto formado pelo meio físico da bacia hidrográfica, o perfil longitudinal do rio e sua geometria hidráulica têm-se como produto a limnologia por zonas do canal fluvial.

REFERÊNCIAS

BIGARELLA, J.J.; SUGUIO, K. **Ambientes fluviais**. 2. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 1990.

ESTEVES, F. de A. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro/RJ: Interciência/Finep. 1998.

FERREIRA, D. F. **Análise multivariada**. Lavras, Minas Gerais, 1996.

GONÇALVES, F. **Interações entre o Ambiente Físico, Uso e Cobertura da Terra e as Características Físicas e Químicas no Canal Fluvial: A Bacia Hidrográfica do Rio Santo Anastácio, Oeste Paulista**. 145 f. Dissertação de Mestrado. Presidente Prudente: [s.n], 2011.

JAIN, V; TANDON, S.K. **Conceptual assessment of (dis)connectivity and its application to the Ganga River dispersal system**. *Geomorphology* 118 (2010) 349–358.

LEXARTZA-ARTZA, I.; WAINWRIGHT, J. **Hydrological connectivity: Linking concepts with practical implications**. *Catena* 79, 2009.



MORAES, América Jacinta de. **Manual pra avaliação da qualidade da água**. São Paulo: RiMa, 2001.

MOTA, S. **Preservação e conservação de recursos hídricos**. 2. ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995.

NETO, J. M. M. **Estatística Multivariada**: Uma visão didática-metodológica. Crítica na rede. 2004

ODUM, E. P. **Ecologia**. Tradução de Christopher J. Tribe. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010.

OLSEN, R.L.; CHAPPELL, R.W.; LOFTIS, J.C. **Water quality sample collection, data treatment and results presentation for principal components analysis - literature review and Illinois River watershed case study**. Water Research, v. 46, n. 9, p. 3110-3122. 2012

PORTO, L. A. C. **Disciplina de Limnologia: protocolo das aulas práticas**. Goiânia: UCG, 2010.

ROCHA, P. C., SANTOS C. R., SANTOS, A. A. **A expansão da atividade canavieira e interações com a rede hidrográfica na região do Pontal do Paranapanema, São Paulo, Brasil**. IX seminário latino-americano e V seminário ibero-americano de geografia física. Guimarães, Portugal, 2016.

ROCHA, P. C. **Sistemas rio-planície de inundação: geomorfologia e conectividade hidrodinâmica**. Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente, n.33, v.1, p.50-67, jan./jul.2011.

ROCHA, R. R. de A.; ROCHA, P. C. **Sistemas rio-planície de inundação: geomorfologia e conectividade hidrodinâmica**. Revista Tópos. , V.1, N.2, 2007.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil: Subsídios para Planejamento Ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: Enfrentando a Escassez**. São Carlos: RiMa, 2003.

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

Umbelino, B. A. **Análise limnológica e processos de conectividade no sistema canal fluvial-bacia hidrográfica na UPH Santo Anastácio - UGRHI 22, Pontal do Paranapanema, oeste do Estado de São Paulo**. Universidade Estadual Paulista (UNESP). Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/210877>>. 2021

VANNOTE, R.L., MINSHALL, G.W., CUMMINS, K.W., SEDELL, J.R.& CUSHING, C.E.. **The river continuum concept**. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 1980.