



ANALISE DO USO DE NPK NA CULTURA DA CANA- DE- AÇÚCAR NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS AGUAPEÍ E PEIXE- OESTE PAULISTA

Renata Prates¹
Bianca Carreira²
Edmiler José Silva Degrande³
Paulo César Rocha⁴

RESUMO

O objetivo deste trabalho é analisar o uso de NPK pela cultura da cana- de- açúcar nas bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe, identificando as áreas mais suscetíveis a contaminação pelo uso excessivo destes fertilizantes. No que se refere aos procedimentos metodológicos, se basearam no levantamento bibliográfico e na geração de mapas, com o uso do *software* Arc Gis 10.8, e gráficos (elaborados no Excel, 2019). Todos os produtos gerados consideraram a escala temporal de 2002 e 2017. Dentre os mapas elaborados, os de uso e ocupação da terra tiveram como base imagens de satélite Landsat 7 e 8 e para a identificação das classes utilizou- se a técnica da classificação supervisionada; já para o mapa de expansão da cana nas bacias foram utilizados dados do Mapbiomas (2021). Quanto a análise da apropriação da bacia pela expansão canavieira, foram calculados os Índice de Apropriação da Bacia (IABH) e ao Índice de Pressão da Rede de Drenagem pela Cana (IPCD), propostos por Rocha et al (2017). A estimativa do uso de NPK nas bacias foi realizada com base nas recomendações do IAC (1999). Os resultados demonstraram significativa mudanças no uso da terra nas bacias analisadas, com crescente expansão da cana. Isso tem repercutido no aumento dos índices de apropriação das bacias, assim como, na pressão sofrida pelos cursos d'água. Somado a isso, o uso de fertilizantes tem aumentado exponencialmente, gerando grande suscetibilidade dos corpos d'água à contaminação.

Palavras-chave: fertilizantes; apropriação; recursos hídricos

Abstract

The aim of this work study is to analyze the use of NPK by sugarcane cultivation in the hydrographic basins of the Aguapeí and Peixe rivers, identifying the most susceptible areas to contamination due to the excessive use of these fertilizers. Regarding to the methodological procedures, they were based on a bibliographic survey, the elaboration of maps, using the ArcGis 10.8 software, and the elaboration of graphs (prepared in Excel, 2019). All the products generated considered the time scale of 2002 and 2017. Among the maps, the land use and occupation maps were elaborated with Landsat 7 and 8 satellite images, through the supervised classification technique for class identification; data from Mapbiomas (2021) were used for the elaboration of the sugarcane expansion map in the hydrographic basins. As for the appropriation analysis of the hydrographic basins by sugarcane expansion, the Basin Appropriation Index (IABH) and the Pressure Index of the Sugarcane Drainage Network (IPCD) proposed by Rocha et al (2017) were calculated. The estimation of the use of NPK in the hydrographic basins was carried

¹ Doutoranda em geografia da FCT/Unesp- Presidente Prudente. E-mail: prates.renat@gmail.com ;

² Graduanda do curso de geografia da FCT/Unesp- Presidente Prudente. E-mail: b.carreira@unesp.br ;

³ Doutorando em geografia da FCT/Unesp- Presidente Prudente. E-mail: edmiler.js@hotmail.com ;

⁴ Professor do Programa de Pós- Graduação em Geografia da FCT/Unesp- Presidente Prudente. E-mail: paulo-cesar.rocha@unesp.br .



out based on the recommendations of the IAC (1999). The results showed significant changes in land use in the analyzed hydrographic basins, with increasing expansion of sugarcane. This has had repercussions on the increase in the levels of appropriation of the hydrographic basins, as well as on the pressure suffered by water courses. Added to this, the use of fertilizers has increased exponentially, generating great susceptibility of water bodies to contamination

Key- words: fertilizers; appropriation; water resources

INTRODUÇÃO

A agricultura moderna tem se difundido com o discurso de eliminar a fome no mundo, conforme a proposta da Revolução Verde iniciada na década de 1950. Entretanto, o que temos assistido é o aumento de subsídios agrícolas no intuito de beneficiar grandes latifundiários por meio de créditos dados para a compra de maquinários e agroquímicos (agrotóxicos e fertilizantes) utilizados, principalmente, nas monoculturas (PERES e MOREIRA, 2003).

Tal utilização de produtos químicos no processo produtivo agrícola, tem como principal consequência o aumento de impactos adversos causados tanto no meio ambiente como na própria saúde humana. O uso destes elementos nocivos está entre as principais formas de poluição e toxidez da vida aquática (TUCCI, 2009; ROCHA et al., 2020; TUNDISI e TUNDISI, 2020). Este processo pode ocorrer diretamente, ou seja, quando determinada categoria de produto químico entra em contato com a água, ou ainda, de modo indireto, quando o elemento químico atinge primeiramente o solo e então é conduzido pelas águas da chuva até algum corpo hídrico (TUCCI, 2009).

As bacias hidrográficas dos rios Aguapei e Peixe, no oeste paulista, tem como atividades mais expressivas a agricultura e a pecuária, com destaque para os cultivos de café, cana de açúcar e milho. Observa-se, que ao longo dos anos, áreas de pastagem, que antes predominava em boa parte da região, agora dividem espaço com o avanço da cana de açúcar (CBH-AP, 2013).

O cultivo da cana de açúcar resultou no avanço da fronteira agrícola sobre as áreas de recursos naturais, além da utilização de insumos para produtividade agrícola, como o uso de fertilizantes, que podem levar à contaminação dos corpos hídricos. O uso de fertilizantes, como Nitrogênio (N), Fósforo (P) e o Potássio (K) utilizados para produção agrícola tem como finalidade melhorar a fertilidade do solo, justificada por setores agroindustriais como um dos principais fatores para produção de alimento em escala global na atualidade.

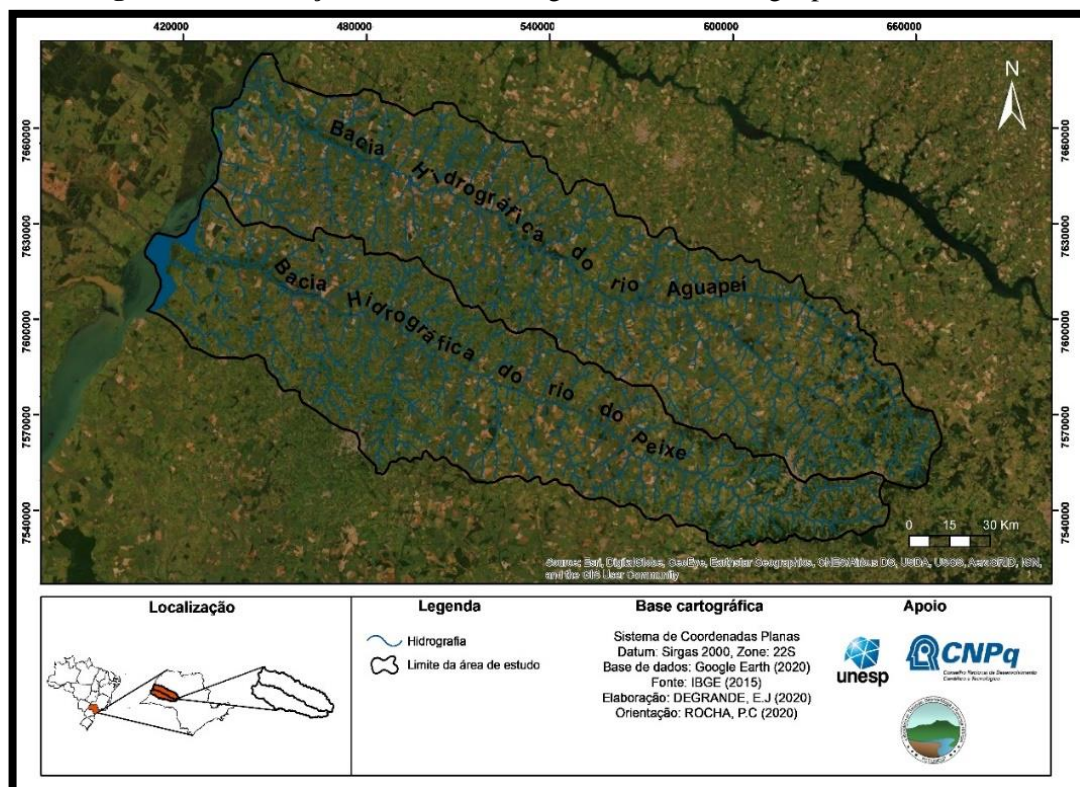
O presente trabalho teve como objetivo analisar o uso de NPK nas Bacias Hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe, identificando as áreas com uso expressivo de fertilizantes utilizados nos sistemas produtivos (cana de açúcar).

Dada a importância que estas bacias apresentam para a região do oeste paulista, a pesquisa busca contribuir para o planejamento ambiental dos recursos hídricos regional e, consequentemente auxiliar no manejo de fertilizantes durante o processo de produção.

Localização e caracterização da área de estudo

As bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe estão localizadas na região oeste do estado de São Paulo (Figura 1), compreendem uma área de aproximadamente 13.000 Km² e 10.000 Km², respectivamente, com suas nascentes na região de Marília e sua foz no rio Paraná.

Figura 1- Localização das bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe- SP



Fonte: IBGE (2015)

Geologicamente, as bacias hidrográficas em questão estão inseridas na Bacia Sedimentar do Paraná, constituída de rochas sedimentares e vulcânicas (ZELAN et al, 1990). As formações geológicas na área de estudo, segundo o mapeamento realizado pelo Instituto de Pesquisas e Tecnologia (IPT, 1981) foram: a Formação Serra Geral (JKsg), compreendendo pontos restritos junto aos canais fluviais do médio curso; Formação Caiuá (Kc) aflorando no



baixo curso da bacia do rio do Peixe; Formação Santo Anastácio (Ksa)- junto ao vale do médio e baixo curso; Formação Adamantina (Ka, sendo esta majoritária nas bacias, abarcando todos os compartimentos (alto, médio e baixo cursos), acompanhando todo o médio curso e, por fim, Depósitos Cenozóicos- presentes, sobretudo, no vale fluvial, entre a encosta e a calha dos rios, principalmente entre o médio e baixo curso dos rios.

Quanto a geomorfologia, as bacias dos rios Aguapeí e Peixe se encontram no Planalto Ocidental Paulista, este por sua vez, é dividido em várias unidades das quais se destacam na área de estudo o Planalto Centro Ocidental e o Planalto Residual de Marília.

Nestas unidades predominam formas denudacionais com a presença de colinas amplas e baixas com topos convexos (Dc) e topos aplainados ou tabulares (Dt), entretanto, enquanto na primeira unidade os tipos de padrão de formas semelhantes são de Dc13, Dc4, Dt11 e Dt12, com entalhamentos entre 1.750 e 3.750 m, a unidade do Planalto Residual de Marília apresenta valores entre 20 a 40m e dimensão interfluvial entre 250 m a 750 m (ROSS e MOROZ, 1997). Predomina nas bacias aqui estudadas, as formas de relevo associadas ao Planalto Centro Ocidental, visto que o Planalto Residual de Marília ocorre somente na porção leste da área.

A hipsometria da área varia entre 246 a 721 m, sendo os índices mais elevados concentrados nos topos de divisores de água, especialmente entre o alto-médio curso, já as cotas altimétricas mais baixas predominam em fundos de vales associados, por exemplo, às planícies fluviais.

As classes de declividade se alternam entre até 6% a acima de 30%. Os níveis de declividade mais baixos são os de maior ocorrência nas bacias, enquanto que os índices mais elevados representam uma pequena área concentrada entre os intreflúvios do alto curso.

O clima predominante segundo Koppen é do tipo tropical (Aw) e subtropical (Cwa), influenciado pelos sistemas atmosféricos inter e extratropicais, pela atuação das massas de ar Tropical Atlântica e Tropical Continental com a massa Polar Atlântica e com menor influência da massa Equatorial Continental (BOIN, 2000)

A precipitação média anual pode ser caracterizada entre 1.200 a 1.500 mm e a temperatura média anual é superior a 22°C, com destaque para o mês de janeiro o mais chuvoso, com precipitação de 200mm e julho o mês mais seco, com precipitação de 25mm (CBH-AP, 1997; BOIN, 2000)

Considerando o mapeamento pedológico realizado por Ross (2017) para o estado de São Paulo, estão presentes nas bacias cinco grupos de solos, sendo eles: Argissolos (Vermelhos;



Amarelo- vermelho), Latossolos (Vermelho; Vermelho- amarelo), Neossolos (Quartzarêncos; flúvicos e Litólicos), Gleissolos Háplicos e Planossolos Háplicos.

Nas bacias dos rios Aguapeí e Peixe os Argissolos se concentram em declividades que variam entre 20 a 30%, além da ocorrência em relevos mais movimentados, as características texturais deste tipo de solo são apontadas por Lombardi Neto et al (1992) como condicionantes para a baixa ou muito baixa resistência aos processos erosivos.

Os Latossolos de modo geral, são bastante evoluídos com elevado estágio de intemperização e fortemente ou bem drenado (EMBRAPA, 2018). Tal fator está associado a sua localização que, normalmente, ocorre em áreas de relevo plano e suavemente ondulados, o que permite maior capacidade de infiltração e tolerância a processos erosivos (LOMBARDI NETO, 1992). Na área em questão os Latossolos estão distribuídos por todos os compartimentos das bacias, embora concentrados no baixo curso da bacia, encontrados principalmente entre os gradientes de até 6% a 12%.

Quanto aos Neossolos, o IAC (1999) define- os como solos rasos, ou seja, com baixo desenvolvimetro pedogenético. A categoria de Neossolo denominada Quartzarênico ocorre somente na bacia do rio do Peixe, especialmente nas proximidades da foz do rio principal.

As demais classes de Neossolos (Flúvico e Litólicos) ocorrem em ambas as bacias, sendo as primeiras associadas a ambientes aluvionares como planícies de fluviais e terraços (EMBRAPA, 2018). Já os Neossolos Litólicos estão relacionados a regiões de alta declividade, ou seja, podendo ultrapassar a 30%, ocorrendo na porção leste das bacias.

No que concerne aos Gleissolos, possuem estreita relação com as planícies fluviais, estando sujeitos a inundações periódicas. Sua presença nas bacias está associada a declividade de até 6%, com maior ocorrência em seu baixo curso.

Por fim, os Planossolos são os que também estão inerentes a baixa declividades e estão presentes em uma pequena porção situada na extrema jusante das bacias. Estes solos podem ser encontrados em áreas de relevo plano ou suave ondulado e, com ocorrência periódica anual que permite excesso de água, mesmo em condições de clima semiárido (EMBRAPA, 2018).

METODOLOGIA

Este trabalho tem se baseado em estudos realizados em gabinete, envolvendo o levantamento do referencial teórico atinente a expansão da cana de açúcar, o uso de nutrientes na agricultura e os possíveis impactos adversos a rede de drenagem. Também em gabinete, tem-



se elaborado gráficos (no *software* Excel, 2019) e o material cartográfico (no *software* Arcgis 10.8). Os mapas elaborados foram: o de localização da área de estudos; uso da terra; expansão da cana- de- açúcar e o de estimativa do uso de NPK pela cana de açúcar nas bacias hidrográficas.

A base cartográfica para os limites dos estados brasileiros obteve- se do IBGE (2015) na escala de 1: 250.000 Quanto aos *shapes* das bacias dos rios Aguapeí e Peixe, extraiu- se do DATAGEO, os quais se encontram na escala de 1: 1000000. Já as subbacia das respectivas bacias hidrográficas, foram disponibilizadas pela Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo a qual realizou a delimitação com base na rede de drenagem com escala de 1:50.000.

O mapa de uso da terra foi gerado a partir de imagens do satélites Landsat 7 (2002) e Landsat 8 (2017). Para tanto, utilizou- se a fusão entre as bandas 6-5-4, resultando em uma imagem de falsa cor. A técnica de classificação foi a supervisionada, realizada por meio das ferramentas *Classification* > *Maximum Likelihood Classification*.

Outro dado essencial adquirido foi o de cultivo de cana nas bacias. Esta informação foi obtida pelo projeto Mapbiomas que, por meio de uma série de imagens Landsat 5-7 e 8, com resolução de 30 m, vem disponibilizando o mapeamento dos usos da terra no território brasileiro. O resultado deste mapeamento se refere a todas as variações que cada cultura teve ao longo do ano. Para a acurácia, o Mapbiomas tem correlacionado os dados de uso com os valores de produção agrícola fornecidos pelo IBGE e CONAB (MAPBIOMAS, 2021). Nesta pesquisa, a escala temporal utilizada foram os anos de 2002 e 2017, sendo os dados de cultivo de cana, portanto, destes respectivos períodos.

As informações sobre a expansão da cana- de- açúcar nas bacias foram essenciais para a produção do mapa de evolução desta cultura na área estudada, porém, também foi utilizada como base para a o cálculo do IABH, IPCD e para a estimativa de uso de NPK pela cana- de- açúcar.

A análise do Índice de Apropriação da Bacia Hidrográfica pela Cana- de- açúcar se obteve a partir da relação entre a área de cada subbacias e a área com cana nelas presente. Para tanto, utilizou- se a ferramenta *Statistic* > *Tabulate Intersection*, em seguida, aplicou- se na tabela de atributos a Equação 1, proposta por Rocha et al (2017):

$$IABH = Aca/ABH$$

Equação 1

O IABH varia de 0 a 1, de modo que quanto mais perto de 1, maior é a apropriação na bacia. Neste trabalho consideramos cinco classes (Quadro 1):



Quadro 1- Classes do IABH nas bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe

1	0- 0,2
2	0,3- 0,4
3	0,5- 0,6
4	0,7- 0,8
5	0,9- 1

Fonte: Rocha et al (2017)

Quanto ao IPCD, foi gerado tendo como base a rede de drenagem das bacias na escala de 1:50.000, disponibilizada pelo IBG. Considerou-se a relação entre a extensão da drenagem em cada subbacia e a extensão da drenagem interseccionada pela cana-de-açúcar dentro de uma área de influência de 100 m. A primeira ferramenta utilizada para este procedimento foi o *Geoprocessing > Intersect*, pelo qual obteve-se a extensão da drenagem interseccionada pela cana. Na sequência, foi utilizada a ferramenta *Statistic > Tabulate Intersection*, a qual permitiu calcular a extensão da drenagem com cana em cada subbacia e então aplicar a Equação 2, de acordo com Rocha et al (2017):

$$\text{IPCD} = \text{EDCa} / \text{ED} \quad \text{Equação 2}$$

Assim como no índice anterior, o IPCD varia de 0 a 1, sendo que quanto mais perto de 1, maior é a pressão da rede de drenagem pela cana. O Quadro 2 demonstra as classes consideradas:

Quadro 2- Classes do IPCD nas bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe

1	0- 0,2
2	0,3- 0,4
3	0,5- 0,6
4	0,7- 0,8
5	0,9- 1

Fonte: Rocha et al (2017)

Para gerarmos o mapa com a estimativa de uso de NPK pela cana de açúcar foi utilizada a ferramenta *Statistic > Tabulate Intersection* onde, primeiramente, correlacionamos as tabelas de atributos da área de cana com a área das subbacias de modo que o resultado deste procedimento foi a geração de uma nova tabela de atributos com os valores da área de cana em cada subbacia sendo, então, possível calcular, com o auxílio da ferramenta *Field Calculator*, a quantidade de NPK utilizado pela cana de açúcar (Equação 3).

O valor para o NPK segue as recomendações do Instituto Agrônômico (IAC), contidos no Boletim 100 (1997), onde sugere-se para áreas com produtividade menores do que 100 ha



a aplicação de: 30 kg/ha para o Nitrogênio; 40 a 100 kg/ha para o Fósforo e 40 a 180 kg/ha para o Potássio. Foram utilizados os valores máximos de cada nutriente, sendo a soma das referidas quantidade correspondente a 310 kg/ha, ou 0,31 t/ha de NPK para a cana de açúcar.

Desta forma, a equação utilizada para a estimativa do uso de NPK na cultura da cana de açúcar foi:

Área de cana na subbacia * 0,31 toneladas

Equação 3

REFERENCIAL TEÓRICO

A bacia hidrográfica é um recorte espacial geográfico, utilizada como unidade de pesquisa e planejamento, nas investigações e no gerenciamento dos recursos hídricos, originou-se da percepção de que os ecossistemas aquáticos são essencialmente abertos e nesse processo, trocam energia e matéria entre si e, com os ecossistemas terrestres adjacentes, sofrem alterações de diferentes tipos em virtude das atividades antrópicas nela desenvolvidas (ESPÍNDOLA et al., 2000).

Conforme Guerra & Cunha (2019. p. 353) as bacias hidrográficas integram uma visão conjunta de comportamento das condições naturais e das atividades antropogênicas nelas desenvolvidas uma vez que, mudanças significativas em qualquer dessas unidades, podem provocar alterações, efeitos ou impactos à jusante da bacia e nos fluxos energéticos de saída. As mudanças que ocorrem no interior das bacias de drenagem podem ter causas naturais, no entanto, nos últimos anos, o homem tem contribuído para acelerar os processos modificadores e de desequilíbrios da paisagem.

Processos de desequilíbrio da paisagem e de transformação da natureza estão correlacionados a apropriação do meio físico para o desenvolvimento da agricultura e pecuária, tem sido estudada através dos índices de apropriação, por Rocha (2020) aponta que a transformação da natureza com a finalidade de produção é um fenômeno social, apropriado pela sociedade e pelo Estado.

Assim, o entendimento dos processos apropriativos na produção do espaço geográfico, oferece subsídios para elaboração dos índices de apropriação do meio físico, que tem como suporte ao uso de geotecnologia para realização de análises qualitativas e quantitativas de um determinado recorte espacial, como as Bacias Hidrográficas (ROCHA, 2020).

O processo de apropriação/ocupação territorial das bacias hidrográficas dos rios Aguapei e Peixe, no Oeste Paulista, deu-se a partir da década de 1920, proporcionado pelo



avanço da frente pioneira e pelo desenvolvimento da cafeicultura. A construção das estradas de ferro facilitou o acesso à região, promovendo a formação dos principais núcleos urbanos (MONBEIG, 1984).

Justamente no momento em que a crise estava mais aguda, o governo federal, por motivos políticos e estratégicos, havia deliberadamente ativado a construção da estrada de ferro que, partindo de Bauru, dirigiria-se a Mato Grosso e iria atingir as margens do Rio Paraguai. No território paulista, essa linha, a “Noroeste”, iria atingir vastas reservas florestais, situadas entre os vales do Tietê do Feio-Aguapeí, com suas terras virgens frequentemente propícias ao cafeeiro. (MONBEIG, 1984, p. 182).

As atividades antrópicas, especificamente, aquelas do setor da agropecuária nas bacias hidrográficas podem alterar processos biológicos, físicos e químicos nos sistemas naturais. As alterações nos recursos hídricos, geralmente estão relacionadas ao deflúvio superficial agrícola, devido o aporte de nitrogênio e fosforo provenientes do cultivo agrícola e da produção animal em regime de confinamento (MERTEN & MINELLA, 2002).

De acordo com Silva (2017) os fertilizantes químicos são importantes para a manutenção e aumento da produtividade para produção agrícola, destacando o modelo empregado da agricultura extensiva. No entanto, o autor ressalta que:

“[...] o uso intensivo das áreas agrícolas, em especial, a aplicação dos fertilizantes químicos, pode produzir efeitos negativos nos solos, como o esgotamento dos nutrientes, acidificação, erosão, contaminação das fontes de água, e emissão de gases de efeito estufa.” (SILVA, 2017, p. 21)

Reetz (2017) afirma que os solos divergem na habilidade de atender as exigências de nutrientes das plantas, considerando que a maioria apresenta apenas uma fertilidade moderada, justificando que para atingir os objetivos da produção, mais nutrientes são necessários do que aqueles que podem ser supridos pelo solo. Para o autor as altas produtividades das culturas implicam em grande esgotamento do suprimento de nutrientes e que um marco da agricultura de alta produtividade é a dependência de fertilizantes minerais que buscam restaurar a fertilidade do solo.

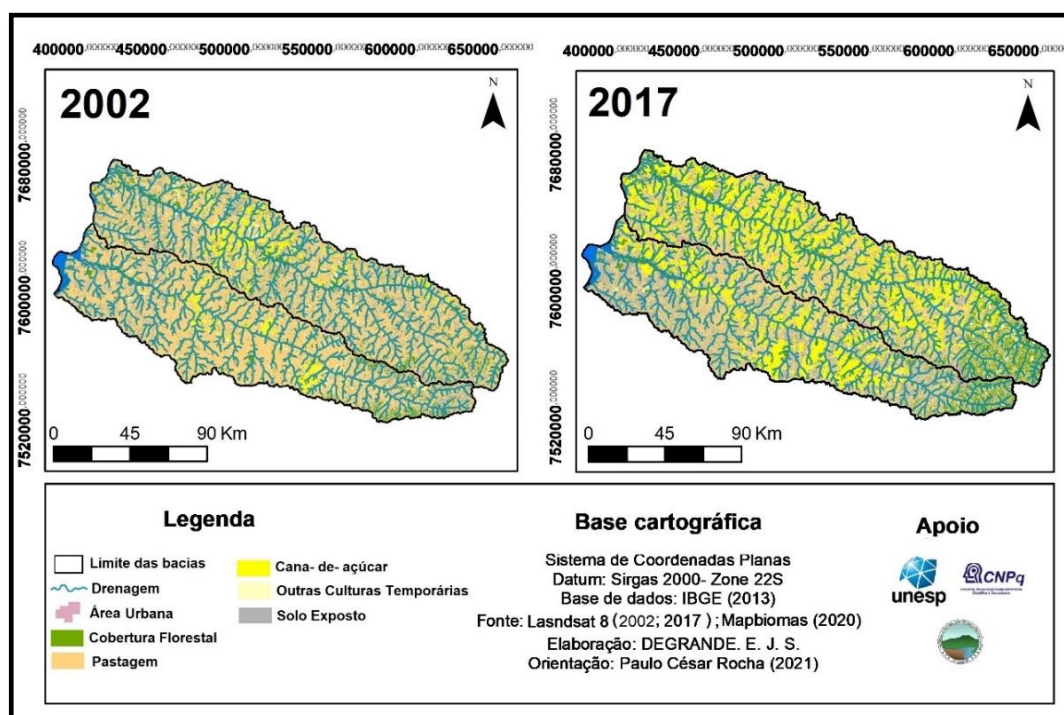
A agricultura é um dos principais setores produtivos que compõe a economia mundial, por ser um setor considerado dinâmico e moderno. No entanto, as formas de apropriação do meio físico e de produção tem contribuído, significativamente, para degradação ambiental

através do uso expressivo de fertilizantes, adubo animal, agrotóxicos e outras fontes de poluição, como de matéria orgânica e inorgânica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados analisados na pesquisa, observou-se que nos últimos anos as bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe tem sofrido consideráveis mudanças no uso e cobertura da terra, que podem causar vários impactos para o meio ambiente e recursos hídricos. Dentre as principais alterações que vem ocorrendo, destaca-se o avanço do cultivo de cana-de-açúcar, sobretudo, em áreas até então ocupadas por pastagem (Figura 2).

Figura 2- Uso e cobertura da terra nas bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe



Fonte:

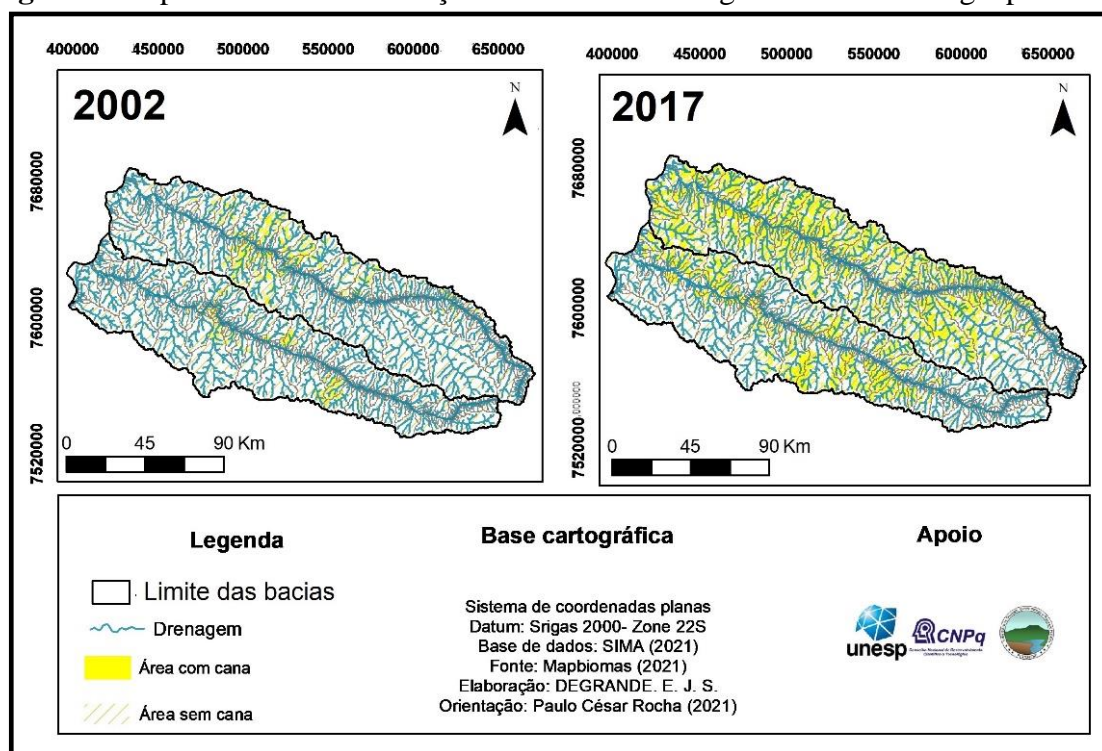
Landsat 7 (2002); Landsat 8 (2017)

A expansão da cana- de- açúcar vem ocorrendo desde a década de 1990. Neste período, o principal fator que contribuiu para isso foi a criação do programa PROOESTE, desenvolvido em meio à crise do petróleo. Entretanto o alavancar do cultivo de cana na área de estudo ocorreu no início dos anos 2000 sob a influência do desenvolvimento da tecnologia *flex*. A expansão da atividade canavieira na região do oeste paulista e nas demais regiões brasileiras está respaldado pelo discurso do agronegócio, que se apresenta como um modelo de desenvolvimento econômico eficiente, gerador de emprego e renda (CARDOSO, 2009).

Para o ano de 2002 a pastagem ocupava 64,6% da bacia hidrográfica do rio Aguapeí e 75,3% na bacia hidrográfica do rio do Peixe. Neste período, as áreas de cana correspondiam por 6,6% da área da bacia do rio Aguapeí e apenas 3,3% do rio do Peixe. Em contrapartida, no período de 2017, na bacia do rio Aguapeí a pastagem representou 37,8% da área, já a cana ocupava 35,4%. Quanto a bacia do rio do Peixe, teve 42,6% de sua área dominada pela pastagem e 20% ocupada pela cana.

Ao analisar a expansão da cana nas bacias entre 2002 e 2017, identifica-se que para o ano de 2002 havia apenas algumas manchas concentradas no médio curso; em 2017 essas manchas já estavam distribuídas por toda a área das bacias, o que demonstra um crescimento de cerca de 24% de áreas destinadas a cana de açúcar (Figura 3).

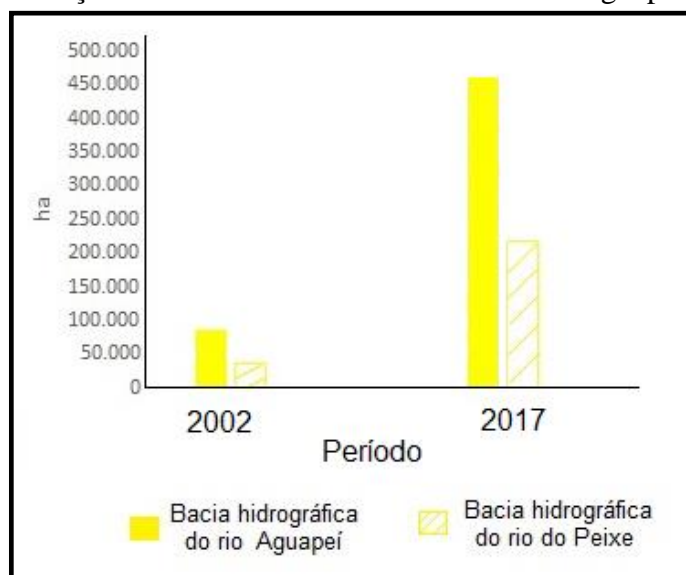
Figura 3- Expansão da cana-de-açúcar nas bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe



Fonte: Mabiomas (2021)

No período de 2002, a área de cana na bacia hidrográfica do rio do Peixe era de 36.558 ha ao mesmo tempo que na bacia do rio Aguapeí o valor apresentado era de 85.990 ha. Em 2017 constata-se a partir dos dados analisados um crescimento demasiado das áreas cultivadas de cana de açúcar, ou seja, estas bacias compreendiam cerca de 211.441 ha e 460.090 ha, respectivamente (Gráfico 1).

Gráfico 1- Evolução da área de cana nas bacias dos rios Aguapeí e Peixe (2002- 2017)

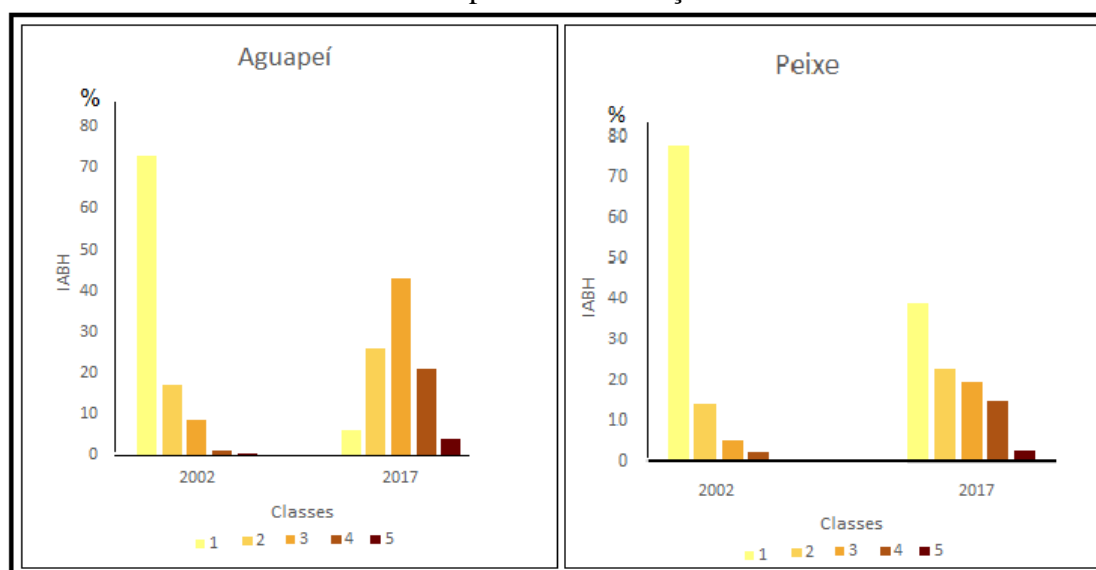


Fonte: Mapbiomas (2021)

A expansão do cultivo de cana de açúcar no oeste paulista está relacionada a uma boa estrutura na região, além da disponibilidade de terras, relevo com colinas suavizadas que possibilita a mecanização para plantio e para a colheita, características climáticas favoráveis e logística, com a utilização de multimodais que permitem o escoamento da produção. Observa-se que o avanço da cana de açúcar na região ocorreu em áreas de pastagens, principalmente, aquelas degradadas, favorecendo o produtor, que passou a ter uma remuneração maior por conta de parcerias ao fornecer terras para introdução do cultivo da cana.

Observa-se, a partir dos dados apresentados que as bacias hidrográficas pesquisadas, tem sido historicamente impactada pela monocultura da cana de açúcar nessa região. Dessa forma, avaliou-se o Índice de Apropriação das Bacias Hidrográficas – IABH (Gráfico 2) que evidenciam a intensidade de apropriação da cana de açúcar no período analisado. Em 2002, nota-se que mais de 70% das bacias dos rios Aguapeí e Peixe, apresenta classe 1 e, portanto, um índice de apropriação muito baixo, entre 0 a 0,2.

Gráfico 2- Índice de apropriação das bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe pela cana-de-açúcar



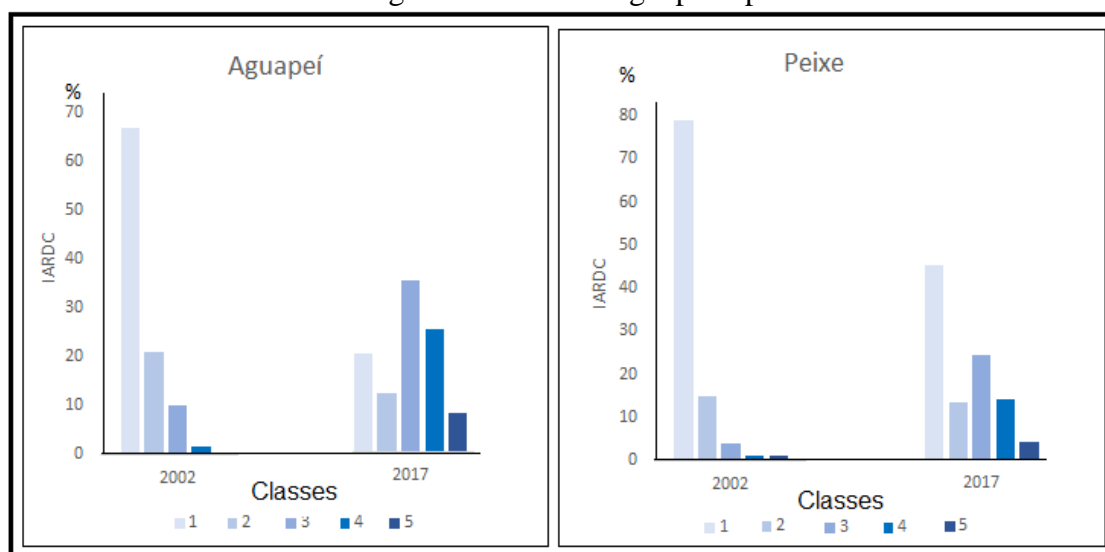
Fonte: ROCHA et al (2017)

Todavia este cenário sofreu significativa alteração em 2017 quando o índice de apropriação foi de apenas 6% da área das subbacia do rio Aguapeí na classe 1, enquanto a classe 3 passou a predominar sobre as demais, indicando intensa transformação e evolução do índice de apropriação da bacia hidrográfica.

Quanto à bacia hidrográfica do Peixe, verifica-se um predomínio da classe 1 para o ano de 2017, no entanto, ocorreu uma diminuição em comparação ao ano de 2002 de 70% para 49% da área apropriada pela cana de açúcar e evolução na classe 3, como apresentado na bacia do rio Aguapeí.

Para identificar a intensidade da monocultura da cana de açúcar sobre os recursos hídricos, foi analisado o Índice de Pressão da Rede Drenagem (IPRD) pela cana de açúcar, o qual demonstrou que durante o ano de 2002 nas subbacias do rio Aguapeí e Peixe, a classe 1 tem se sobressaído em relação as demais, apresentando baixa pressão sobre os recursos hídricos na região das bacias. Dessa forma, analisando dos dados apresentados sobre IPRD, nota-se que as maiores mudanças ocorreram na bacia hidrográfica do rio do Aguapeí para o ano de 2017, que estava em classe 3 e com menor intensidade de pressão na rede de drenagem do rio do Peixe.

Gráfico 3- Índice de Pressão da Rede de Drenagem pela Cana-de-Açúcar nas bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e peixe

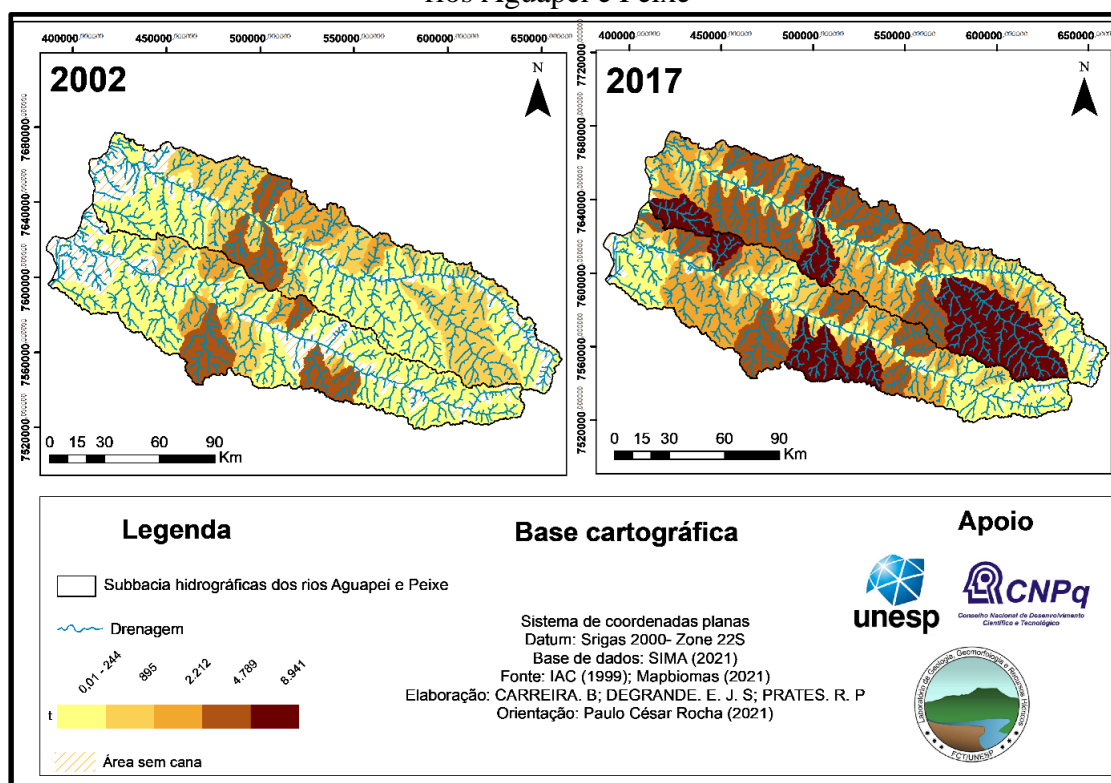


Fonte: ROCHA et al (2017)

Os canais fluviais podem receber uma quantidade significativa de nutrientes, principalmente em regiões com predomínio de atividade agrícola. Para o plantio de uma determinada cultura agrícola os solos são preparados e a partir das recomendações técnicas, geralmente é recomendado o uso de macronutrientes, como o NPK. O uso indiscriminado de nutrientes, podem contribuir para a contaminação dos recursos hídricos e, conseqüentemente alterar a qualidade da água e permitir o desenvolvimento de plantas e algas, que reduz a disponibilidade de oxigênio na água e processos de eutrofização.

Assim, destaca-se como principal consequência do aumento da produção agrícola, a utilização cada vez mais intensa de produtos químicos, como NPK. Na **figura 4**, ao analisar os anos de 2002 e 2017, a partir do mapa de espacialização da recomendação de NPK para a cultura da cana de açúcar é possível identificar um crescimento exponencial da exposição da rede de drenagem à ação dos macronutrientes, em especial nas regiões do alto e médio curso do rio Aguapeí e nas regiões do médio e baixo curso do rio do Peixe.

Figura 4- Estimativa do uso de NPK pela cultura da cana-açúcar nas subbacias dos rios Aguapeí e Peixe



Fonte: IAC (1999); Mapbiomas (2021)

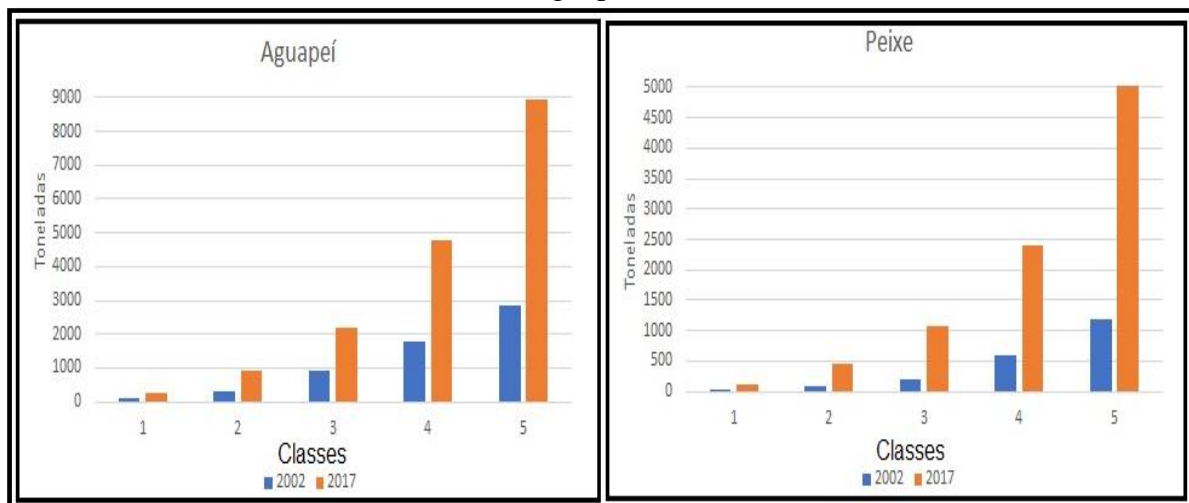
Sobre a quantidade de nutrientes (NPK) totalizados e distribuídos nas subbacias do rio do Peixe, para o ano de 2002 foi entre 25 a 1,193 t, enquanto que para as subbacias do rio Aguapeí o total distribuídos foi entre 86 a 2.849t. Para o ano de 2017, a estimativa de NPK apresentou um aumento significativo, variando de 115 a 5.068 t nas subbacias do rio do Peixe e entre 244 a 8.941 t nas do rio Aguapeí (Figura 4 e Gráfico 4).

Os dados de espacialização de NPK nas bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe, também estão correlacionadas as mudanças de uso da terra em meados da década de 1980 na região, com a introdução de novas culturas como a cana de açúcar e da citricultura. As mudanças de uso da terra e processo histórico de ocupação de todo o Oeste do Estado de São Paulo, já no final da década de 1970 com forte declínio da cultura cafeeira e descapitalização dos produtores, contribuíram para a inserção de novas atividades agrícolas. Dessa forma, a evolução do uso de nutrientes está associada a ampliação das áreas de cultivo da cana de açúcar e a recomendações técnicas para atender as metas de produtividade.

Para o ano de 2017, São Paulo, o estado mais produtivo do país, atingiu a média de 79,21 t/ha, enquanto a média nacional de produtividade foi de 74,8 t/ha, enquanto a área de cana se manteve praticamente estável no Brasil, no comparativo entre os anos 2016-2017, por

exemplo, passando de 10,22 milhões de hectares para 10,18 milhões de hectares (IBGE, 2021). Assim, o uso de NPK recomendado no cultivo da cana de açúcar tem como meta o aumento ou estabilidade da produtividade de acordo com as áreas produtoras.

Gráfico 4- Estimativa do uso de NPK pela cultura da cana- açúcar nas subbacias dos rios Aguapeí e Peixe



Fonte: IAC (1999); ROCHA et al (2017)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As informações históricas e os dados analisados de recomendação e espacialização de NPK nas regiões das bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe, possibilitam identificar que as mudanças no uso da terra e consequentemente o aumento das áreas de cana de açúcar na região, contribuíram para o aumento da quantidade de nutrientes utilizados para manter a produtividade.

Para tanto, a compreensão da dinâmica dos nutrientes nas bacias hidrográficas é importante para avaliar os possíveis impactos que podem comprometer ambiental do sistema aquático e do meio ambiente.



REFERÊNCIAS

BOIN, Marcos Norberto. Chuvas e erosões no oeste paulista: uma análise climatológica aplicada. 2000. 264f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente). Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2000. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/ARQS/RELATORIO/CRH/CBH-PP/361/tese/1%20capa.PDF>. Acessado 08 de set, 2021

CBH-AP. Comitê das Bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe. Plano das bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe. Unidade de Gerenciamento de Recursos hídricos – UGRHIs – 20/21. São Paulo, 2008.

CARDOSO, M.A. Migração para o Capital nos Canaviais do Oeste Paulista: A Geografia do Trabalho e os Imperativos da Barbárie. Revista Pegada Eletrônica, Presidente Prudente, vol. 10, n.2, 31 de dezembro de 2009. Disponível em: www.fct.unesp.br/ceget/pegada102/12messias1002.pdf. Acesso em 10/09/2021

CORREA, A. R. **Estudo das características limnológicas da água no Parque Estadual do Aguapeí em canais fluviais em sua zona de amortecimento.** Dissertação (Mestrado Profissional em Geografia). Universidade Estadual Paulista, 2020, 125p.

ESPÍNDOLA, E. L. G., SILVA, J. dos S. V. da, MARINELLI, C. E., & Abdon, M. de M. (2000). A bacia hidrográfica do rio do Monjolinho: uma abordagem ecossistêmica e a visão interdisciplinar. São Carlos: RiMa

FERNANDES, M. R. **Relação entre variáveis limnológicas de canais fluviais da UGRHI-22 e do uso e cobertura da terra.** Dissertação (Mestrado Profissional em Geografia). Universidade Estadual Paulista, 2020, 112p.

IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Portal de Mapas.** 2015. Disponível em:< <https://portaldemapas.ibge.gov.br/>> . Acesso em 21/06/2021



LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solo em Campinas, SP. PEREIRA, S. B. Desprendimento e arraste de Bragantia, v.51, p.189-196. 1992.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para sobrevivência futura. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v. 3, n. 4, out./dez. 2002.

PERES, F.; MOREIRA, J. C. **É veneno ou é remédio? Agrotóxicos, saúde e ambiente**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2003, 384p.

PROJETO MAPBIOMAS. **Coleção 5.0 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil**. Disponível em: <<http://mapbiomas.org>> . Acesso em: 20/06/2021.

RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100)

REETZ, H. F. **Fertilizantes e o seu uso eficiente**. Tradução de Alfredo Scheid Lopes. São Paulo: ANDA, 2017. 178 p.

ROCHA, P. C. Índices de apropriação do meio físico em bacias hidrográficas: conceituação e estudo de caso **In: Sustentabilidade em bacias hidrográficas: conhecimento, inovação e tecnologias em recursos hídricos**. 1 ed. Tupã-SPed: Editora ANAP, 2020, v.1, p. 139-152.

ROCHA, P. C.; ARAUJO, RENATA RIBEIRO; Rizk, M.C. Exposição da rede de drenagem a agrotóxicos e conectividade hidrodinâmica, região Pontal do Paranapanema, São Paulo, Brasil. **Revista Equador**. , V.1, P.116 - , 2020.

SILVA, M. J. da. **Processo para Aplicação Localizada de Fertilizante Líquido Nitrogenado em Cana-Soca**. 2017, 142 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2017.



XIV ENCONTRO NACIONAL DE
PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM

GEOGRAFIA

5ª EDIÇÃO ONLINE

10 À 15 DE OUTUBRO DE 2021

ISSN: 2175-8875

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. A **Água**. São Carlos: Editora Scienza, 2020, 130p.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Editora da Universidade, v. 4, 2009, 943p.