



Foto: Kathia Cristhina Sonoda

Capítulo 1

Panorama da ocorrência de estudos brasileiros sobre insetos aquáticos como indicadores dos usos do solo

Milton Vinicius Morales, Roberta Avena Valente e Kathia Cristhina Sonoda

Introdução

A conversão do uso do solo vem sendo mundialmente estudada com seus diferentes impactos, dentre aqueles existentes na biota aquática. Neste contexto, os insetos aquáticos são amplamente usados em todo o mundo como indicadores de impactos. Neste capítulo, avaliou-se o panorama das publicações que abordam o tema, as quais foram relacionadas e espacializadas em função dos biomas, estados e regiões hidrográficas. Assim, levantou-se, por meio do Portal de Periódicos da Capes os estudos científicos desenvolvidos no período entre 1999 e 2020, considerando palavras-chaves como “land use”, “Brazil*”, “aquatic insects”, dentre outras.

De acordo com os resultados recuperados verificou-se maior concentração de estudos nos estados de São Paulo, Rio Grande do Sul, Minas Gerais e Mato Grosso, sendo a Mata Atlântica o bioma mais estudado e a região hidrográfica do Rio Paraná aquela que detém a maior concentração de publicações no tema. Por outro lado, grande parte dos estados brasileiros e algumas das principais regiões hidrográficas brasileiras não possuem um único estudo (ou em quantidade irrisória) sobre a temática, permitindo uma profunda e minuciosa revisão das áreas prioritárias para futuros estudos, as quais compreendem, principalmente, os biomas da caatinga, pampa e pantanal.

Contextualização

A expressão “uso do solo” muitas vezes é utilizada de forma similar a “uso da terra”, pois há uma semelhança entre solo e terra, correspondendo ao substrato físico. Entretanto, na área do geoprocessamento, ambos possuem significados bastante diferentes, sendo este último um termo mais antigo e já pouco

utilizado por estar mais diretamente associado ao substrato físico.

Há diversas interpretações sobre a expressão “uso do solo”, e, de maneira geral, representa toda e qualquer forma de destinação/ocupação a que um local é submetido. Assim, o uso pode ser urbano, agrícola (nas suas mais diversas categorias como plantio perene, criação de animais, silvicultura, e outros), represamento de água, solo exposto, como alguns exemplos. Associado a esta expressão, pode ser adicionado o termo “cobertura” (uso e cobertura do solo) que representa de forma mais acentuada o que está acima do solo, como floresta ombrófila, pastagem, entre outros (IBGE, 2013).

Toda e qualquer intervenção humana no meio natural corresponde a alterações na configuração do uso e cobertura do solo (Di Gregorio; Jansen, 1998, 2005). Para Lambin et al. (2003) os principais fenômenos responsáveis por tais alterações são o desenvolvimento socioeconômico, aumento populacional, expansão demográfica e busca por áreas agricultáveis. Dessa forma, Guzha et al. (2018) citam que tais alterações manifestam-se em respostas relacionadas à biodiversidade e impactos de ordem climática e hidrológica.

O impacto das alterações na configuração do uso e cobertura do solo é notório em ambientes aquáticos, uma vez que seus efeitos, em última instância, acabam por ser carreados à rede de drenagem. O desflorestamento, aliado a atividades antrópicas como assentamentos urbanos, agricultura e mineração são responsáveis por diversos efeitos observados nos ambientes aquáticos, como o aumento da carga de nutrientes e sedimentos presentes na rede de drenagem. A variação da qualidade da água pode ser explicada a partir da composição do uso e cobertura do solo em escala de bacia hidrográfica, considerando seu manejo extremamente necessário para a

manutenção da qualidade da água e conservação dos recursos hídricos (Mello et al., 2018).

O papel das alterações na composição do uso e cobertura do solo, e seus efeitos em escala de bacia hidrográfica é uma temática que ganhou maior atenção aproximadamente nos últimos 25 anos quando deixou de ser estudada de forma esparsa e pontual em todo o mundo (Meyer, 2012). A importância em avaliar o impacto que o uso do solo ocasiona na bacia hidrográfica, em suas mais diversas formas, citando-se as alterações no uso do solo, as coberturas vegetais, o estado de conservação da vegetação ripária vem sendo mundialmente discutida (Renner et al., 2018; Mello et al., 2020).

Dentre as publicações, o assunto é tratado considerando: (1) diferentes escalas geográficas (bacia hidrográfica - macroescala, mata ripária - mesoescala, sedimento - microescala), (2) atividades humanas distintas (agrícola – onde os principais são pastagem, silvicultura, olericultura, urbano, mineração, e outros), (3) tipos de ambientes (aquático, terrestre, subsolo) (Meyer et al., 2012) e (4) diversidade biológica existente (vegetação arbustiva, invertebrados de solo, peixes, macroinvertebrados ou insetos aquáticos, dentre outros) (Korasaki et al., 2013). Estes quatro elementos principais podem ser combinados dentro de uma ampla gama de possibilidades e, apesar do vasto espectro de combinações, a maioria dos estudos aponta conclusões congruentes: o uso do solo afetará a qualidade da água (Chauhan; Verma, 2015; Prudente et al., 2017; Petersen et al., 2018) e causará alterações nas comunidades, gerando o desaparecimento de táxons, bem como o desequilíbrio comunitário devido às alterações nas dinâmicas taxonômicas e funcionais das comunidades (Cajaíba et al., 2018; Krynak; Yates, 2018), citando alguns.

Neste contexto, houve também o despertar pela importância do uso e cobertura do solo e seus impactos sobre a biota aquática (macroinvertebrados/insetos) com os primeiros estudos no Brasil que remonta à virada do século XXI (Marques et al., 1999; Ometto et al., 2000), e que, a partir disto, houve um aumento na produção científica nesta temática.

Os insetos aquáticos são mundialmente utilizados em estudos de avaliação ambiental e de monitoramento. Seu uso é justificado por diversos fatores, tais como a baixa mobilidade, a ocorrência em praticamente todos os ambientes do globo, a incorporação das alterações e impactos ambientais devido ao tempo de permanência no ambiente aquático. Assim, suas respostas a poluentes são mais fidedignas do que avaliações químicas da água, fatos que os enquadram como indicadores de qualidade ambiental (Schneider et al., 2011; Rodrigues et al., 2019; Monteles et al., 2021).

Por “indicador” será adotado o conceito recomendado pelo Grupo de Trabalho Intersetorial sobre Biomonitoramento (Buss et al., 2016), reconhecido pela Associação Brasileira de Limnologia. Este grupo adotou a definição de Heink e Kowarik (2010, p. 592), que diz:

[...] Um indicador ambiental é um componente ou medida de um fenômeno relevante usado para descrever ou avaliar condições ou mudanças ambientais ou um conjunto de objetivos.

Há um reconhecimento que algumas regiões do território brasileiro são mais estudadas que outras; isto ocorre, principalmente, pela proximidade das universidades ou instituições de pesquisa brasileiras; entretanto, é necessária que se faça uma análise crítica da situação pelos motivos expostos acima.

Sendo assim, a análise da contribuição e distribuição espacial dos estudos brasileiros referentes aos efeitos dos usos do solo sobre os insetos aquáticos apresentada neste capítulo visa oferecer um panorama da distribuição espacial destes estudos, de forma a apontar aglomerações e lacunas físicas.

Levantamento bibliográfico e avaliação contextual

Realizou-se o levantamento bibliográfico por meio do portal de periódicos da Capes, considerando o período de 1999 a 2020 e utilizando-se os termos de busca “land use”, “Brazil*”, “aquatic insects”, “macroinvertebrates”, “EPT” e “Odonata”. O termo “macroinvertebrates” foi considerado somente para publicações que incluíam os insetos aquáticos, os estudos realizados com grupos não-insetos foram descartados.

Trabalhos de conclusão de curso, dissertações e teses também foram analisados e posteriormente descartados ao constatar-se a ocorrência de publicação decorrente desta modalidade de publicação, evitando duplicidade. Além disso, estudos sobre índices e ocorrências de táxons, ou outros que não estavam relacionados a “usos do solo” não foram considerados.

A espacialização dos trabalhos considerados foi realizada em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), a partir das coordenadas geográficas dos pontos de coleta dos estudos, quando tais informações não estavam presentes nos trabalhos. Utilizou-se os mapas dos artigos ou informações de localização, como nomes de municípios, bacias hidrográficas, parques estaduais e federais ou unidades de conservação. Em último caso, quando nenhuma informação de localização estava disponível, as coordenadas foram obtidas dos autores.

Em função dos diferentes sistemas de coordenadas adotados nos estudos, todas as coordenadas obtidas foram padronizadas para o sistema de coordenadas geográficas, utilizando o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS) 2000 como *Datum* de referência.

Em relação à base de dados referente aos estados, biomas e regiões hidrográficas, foram utilizados arquivos em formato *shapfile* obtidos junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para os biomas e estados brasileiros e junto a Agência Nacional de Águas (ANA) para as regiões hidrográficas.

Após a espacialização dos estudos, ocorreu a quantificação do número de publicações encontradas por estado, bioma e região hidrográfica. Considerando a existência de trabalhos que foram realizados em mais de um estado (Paula; Fonseca-Gessner, 2010; Moroneze et al., 2011; Medeiros, 2015; Simião-Ferreira, 2018; entre outros), ou bioma (Vieira et al., 2015; Titan, 2016; Dala-Corte et al., 2020) ou região hidrográfica (Ligeiro et al., 2013; Almeida, 2014; Ferreira et al., 2017; Castro et al., 2018; entre outros), sua quantificação para as determinadas análises apresenta um número superior ao total de artigos, em função do mesmo trabalho ser computado em mais de um estado, bioma ou região hidrográfica.

Os trabalhos foram também analisados quanto ao táxon estudado, considerando macroinvertebrados, Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT), Chironomidae, Odonata e outros táxons. A proposta original do livro foi concentrar nas publicações referentes aos insetos aquáticos; entretanto, durante o levantamento bibliográfico, verificou-se que o volume de publicações que consideram exclusivamente os insetos é bastante baixa. Por isso, manteve-se a ideia original, porém estudos sobre macroinvertebrados e insetos+Annelida

foram considerados a fim de ressaltar a baixa quantidade de publicações (e, conseqüentemente, locais estudados) sobre a entomofauna aquática brasileira. Assim, as exceções foram feitas no intuito de apontar a necessidade premente de mais estudos nas regiões destacadas, sem perder a proposta inicial do livro.

Panorama da distribuição das publicações no território brasileiro

Foram selecionados 132 artigos que atendiam aos requisitos determinados pelos pesquisadores, que totalizaram 2.254 pontos de coleta em campo. Ressalta-se que o número de pontos de coleta utilizados em cada publicação é bastante variável, e ocorreram casos onde, em um mesmo trabalho, são coletados pontos em mais de um estado, bioma ou região hidrográfica, ou ainda, diferentes publicações utilizaram os mesmos pontos de coleta.

Foi possível verificar a ocorrência de aglomerações de pesquisas em locais próximos às instituições de ensino e pesquisa, o que é compreensível, uma vez que isto facilita a logística e otimiza a aplicação dos recursos empregados.

Notou-se, também, um aumento significativo das publicações a partir de 2010, tendo atingido o ápice de publicações no tema no ano de 2014 (Figura 1.1).

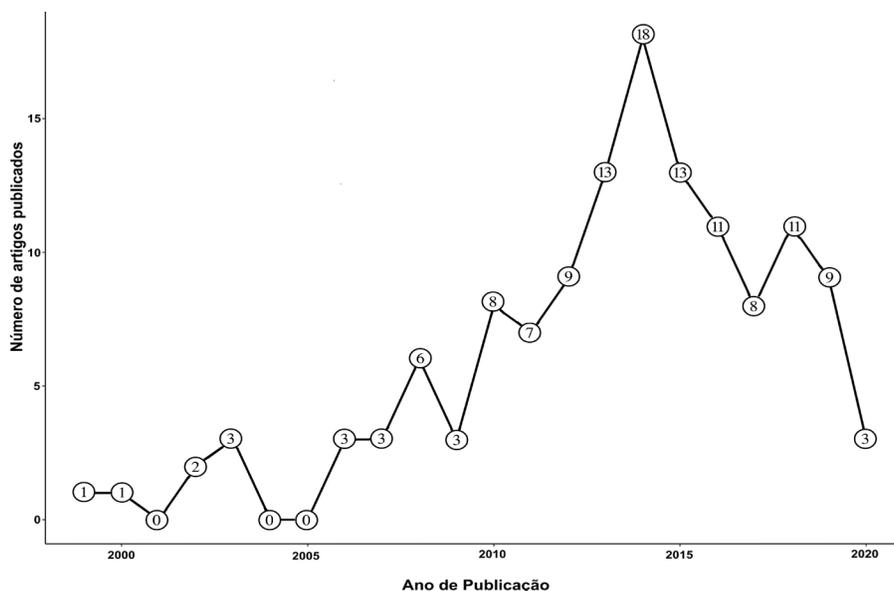


Figura 1.1. Ocorrência anual de publicações sobre o tema no período analisado.

Nesse levantamento o bioma mais estudado no território nacional foi a Mata Atlântica, com um total de 75 artigos publicados, representando 46,88% das publicações, seguido pelo Cerrado (56 artigos, 35% das publicações), Amazônia (23 artigos, 14,37% das publicações), Pantanal (3 artigos, 1,88% das publicações), Pampa (2 artigos, 1,25% das publicações) e Caatinga, com apenas 1 artigo publicado, representando 0,62% das publicações.

A espacialização dos pontos de coleta em relação aos biomas brasileiros pode ser observada na Figura 1.2, que demonstra a disparidade entre os três biomas com maior número de publicações (Mata Atlântica, Cerrado e Amazônia) em relação aos três biomas com menor quantidade de estudos (Pampa, Pantanal e Caatinga). Por meio desta figura, percebe-se facilmente a concentração de esforços em alguns

locais em detrimento de outros, e a necessidade de mudança e investimentos em pesquisa para cobrir as áreas sem dados e sem informações.

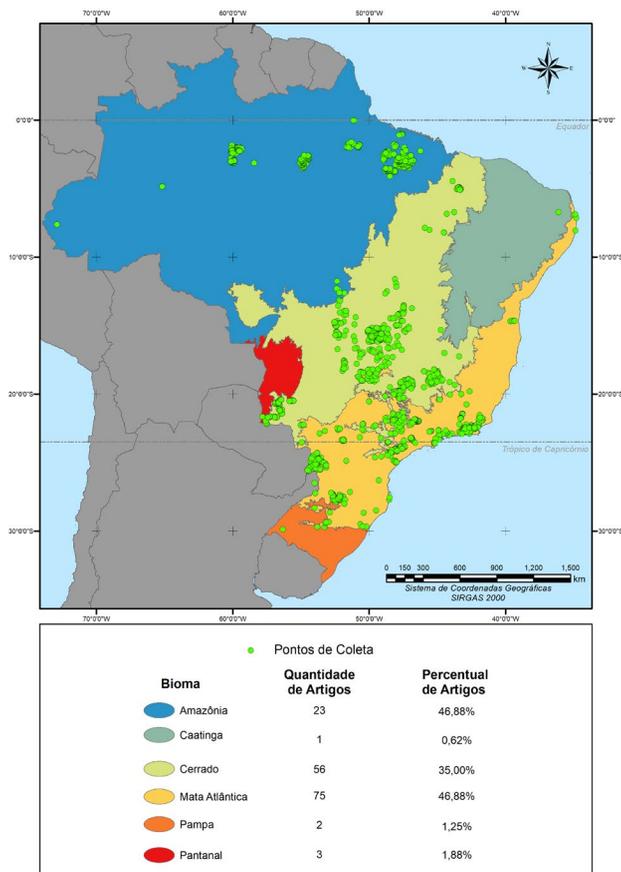


Figura 1.2. Espacialização dos pontos de coleta em relação aos biomas brasileiros.

Fonte: Adaptado de IBGE (2019).

Em relação à espacialização dos artigos quanto aos estados da federação (Figura 1.3), São Paulo se apresenta como o estado com maior volume de publicações, com 30 trabalhos

publicados, representando 19,23 % do total, seguido pelos estados de Minas Gerais e Rio Grande do Sul, ambos com 21 trabalhos publicados e representando 13,46 % do total cada um.

Dos 26 estados brasileiros e o Distrito Federal, sete não apresentam nenhum estudo relacionado a esta temática, sendo eles: Alagoas, Ceará, Espírito Santo, Rio Grande do Norte, Rondônia, Roraima e Sergipe, e 20 estados apresentam estudos conduzidos em seus territórios. Entretanto, alguns possuem quantidade mínima, como é o caso do Acre, Amapá, Bahia, Pernambuco, Paraíba, Piauí e Tocantins, que apresentaram apenas uma publicação em cada estado. Outros estados também tiveram número baixo de estudos, como é o caso do Distrito Federal (2 estudos), Santa Catarina (4 estudos), Maranhão (5 estudos) e Mato Grosso do Sul (5 estudos).

Ressalta-se que alguns estados possuem mais de um bioma, como o caso de São Paulo, cujos artigos formaram dois grupos, divididos entre os biomas Cerrado e Mata Atlântica, que contribuíram com 9,43% e 15,09%, respectivamente, para este estado.

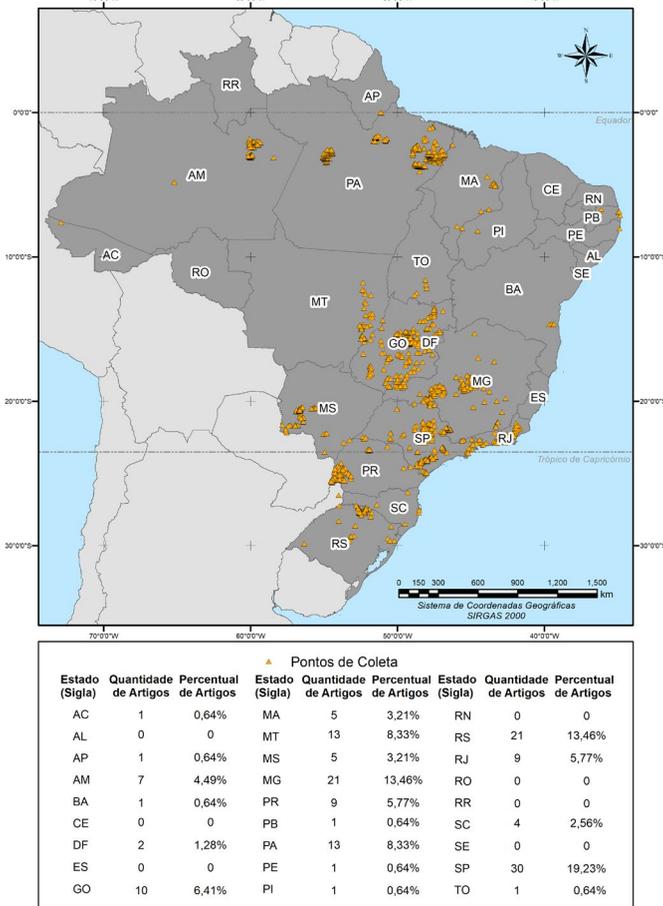


Figura 1.3. Espacialização dos artigos dentre os estados brasileiros.

Fonte: Adaptado de IBGE (2019).

Ao analisar este panorama dos estados utilizando-se os táxons como filtro, observa-se que muitos estudos utilizam prioritariamente toda a comunidade (macroinvertebrados ou insetos) em suas análises, contando com mais de 29% das publicações (Figura 1.4). Entretanto, estudos que consideram os principais táxons indicadores utilizados mundialmente (Chironomidae, EPT e Odonata), obtém-se o mesmo

quantitativo percentual, que aponta a importância em analisar estes grupos isoladamente. Odonata possui muitas espécies dentre a lista sob ameaça de extinção, por diversas razões; os outros grupos são relatados com menos frequência. Este fato não diminui sua importância para o funcionamento do ecossistema e a acurácia nos estudos futuros que considerem a temática do uso do solo, podendo enfatizar e apontar táxons a serem incluídos em tais listagens.

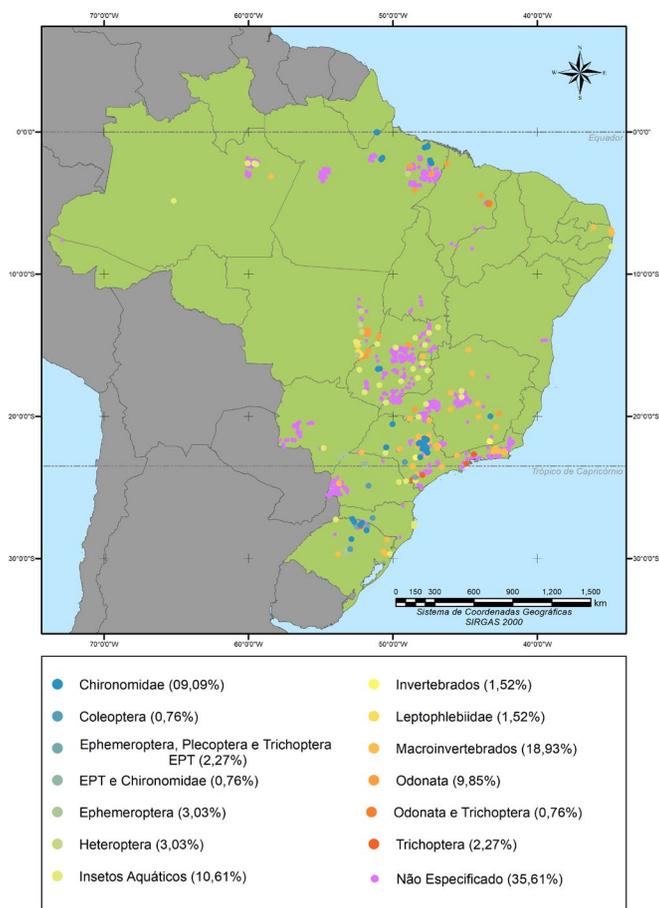


Figura 1.4. Distribuição dos estudos realizados de acordo com os táxons analisados, em relação aos estados federativos da União.

Fonte: Adaptado de IBGE (2019).

Ao avaliar o panorama das publicações distribuídas por regiões hidrográficas (Figura 1.5) a região do Rio Paraná tem o maior volume de publicações (31,06%), seguida pela região do Tocantins/Araguaia (15,53%) e Atlântico Sudeste (11,18%).

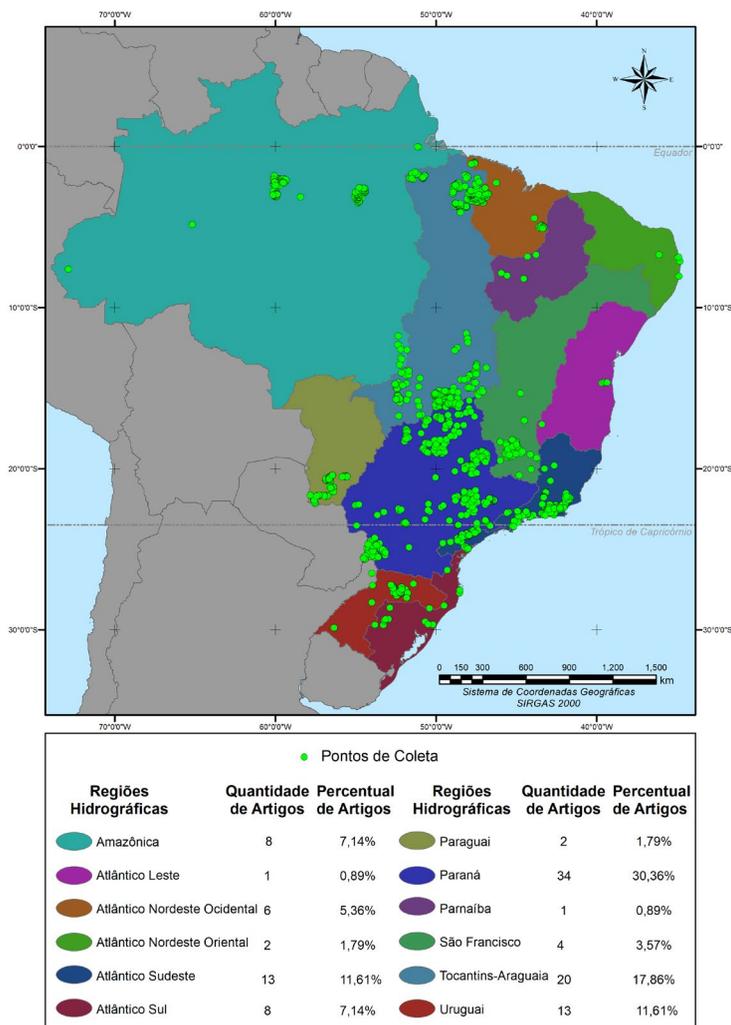


Figura 1.5. Espacialização da totalidade dos artigos de acordo com as regiões hidrográficas.

Fonte: Adaptado de ANA (2020).

Observou-se a baixa quantidade de estudos em diversas regiões hidrográficas, destacando-se as regiões do Parnaíba com apenas um estudo, representando apenas 0,62% dos trabalhos, do Atlântico Leste e do Atlântico Nordeste Oriental, ambas com dois estudos, que representou 1,24% do total e a do Paraguai com apenas três estudos que representou 1,86% do montante.

Análise integrativa sobre os panoramas vigentes

Os dados apresentados mostram que apesar dos esforços empregados nas últimas décadas, ainda há muito a ser realizado em termos de cobertura espacial, visto que a grande parte do território brasileiro não possui informações suficientes para embasar a gestão do uso do solo e qualidade da água com base na entomofauna. O mesmo pode ser concluído quando se considera a gestão das regiões hidrográficas, que é a instância adotada pelo órgão federal de administração das águas - a Agência Nacional da Água (ANA). Como apresentado no início do capítulo, os levantamentos das variáveis químicas e físicas são insuficientes para atestar a qualidade do recurso hídrico (Fierro et al., 2017), cuja incorporação da informação biológica torna a interpretação mais fidedigna e realística (Adu; Oyeniyi, 2019).

Um dimensionamento da importância de estudar concomitantemente o componente biológico pode ser verificado ao analisar os efeitos das mudanças de uso do solo relacionados à sua fertilidade. Os estudos confirmam a lógica: há alteração na disponibilidade de nutrientes no solo, em função do aporte de nutrientes proporcionado pelo cultivo agrícola (Carvalho et al., 2009), onde a maior concentração de nutrientes em solos agrícolas implica diretamente na qualidade

da água em seu entorno. Considera-se que após eventos chuvosos, são observados fenômenos como o carreamento de nutrientes e sedimentos para os cursos d'água (Chalar et al., 2011).

Estima-se que o enriquecimento do sedimento devido a esta entrada alóctone de nutrientes é da ordem de dez vezes maior em locais agrícolas (Allan et al., 1997). Além disso, a simples entrada de sedimento constitui elemento estressor para a biota aquática devido a diversos fatores, citando-se o soterramento de nichos, locais de habitação (Firmiano et al., 2021), potencializada pela incorporação dos nutrientes da adubação. Estes fatos levantam questões concernentes acerca de implicações sobre a qualidade da água resultante a ser usada principalmente para irrigação e dessedentação de populações humana e animais.

A qualidade da água é analisada em cada município, nos quais estações de tratamento de água atuam justamente com o intuito de controlar entradas de nutrientes/compostos químicos e biológicos de fontes diversas. Entretanto, é de conhecimento geral que no meio rural não há controle da qualidade da água em cada propriedade; assim, o agricultor captará água de outra propriedade a montante, estando condicionado às práticas de manejo adotadas por seu vizinho.

Esta prática gera uma espiral espacial da dinâmica de nutrientes entre as propriedades, ou seja, considerando-se a utilização de nutrientes (adubos, defensivos, e também dejetos de animais que ocasionalmente adentram os cursos d'água) em cada propriedade, o escoamento superficial da água da chuva com carreamento de nutrientes, a mudança na qualidade da água, a captação para irrigação (ou uso doméstico) a jusante, nova aplicação de nutrientes na propriedade voltando para o início do ciclo, ocasiona um efeito cascata da adição de

nutrientes aplicados em cada propriedade agrícola. Em última instância, devido ao efeito acumulativo, afetará diretamente a qualidade da água na bacia hidrográfica.

Uma forma de mitigar o efeito cascata de nutrientes é a manutenção de uma boa cobertura da vegetação ripária (Mello et al., 2020), pois há grande diminuição no escoamento superficial e conseqüente aporte de sedimento e nutrientes para o interior destes córregos, que torna prejudicial para as larvas de insetos sensíveis ao enriquecimento orgânico (Allan et al., 1997; Garcia-Garcia et al., 2017). Para dimensionar a importância dos efeitos que as áreas agrícolas podem ocasionar sobre a comunidade de insetos aquáticos, observa-se que a densidade numérica destes insetos pode aumentar até 33 vezes àquela de ambientes naturais (Greenwood; Brooker, 2016).

Vale ressaltar que este fluxo de nutrientes também ocorrerá entre o ambiente aquático e a vegetação ripária, que é um elo entre os ambientes aquático e terrestre, onde animais e plantas possuem estreita interação. Exemplificando, a matéria orgânica proveniente da mata como frutos, folhas, madeiras servem de alimento e substrato para os organismos aquáticos; estes, ao emergirem (saída dos espécimes da água para o ar ao atingir a fase adulta) podem integrar a cadeia alimentar (Ambasht; Ambasht, 2008; Wesner, 2010; Carlson et al., 2016) ao atuar como predadores no ambiente terrestre, como é o caso das libélulas, ou servirem de alimento a animais, como aranhas, morcegos, aves (Stenroth et al., 2015). Assim, os compostos introduzidos no ecossistema aquático são incorporados no tecido animal, e posteriormente disponibilizados para os animais da mata ripária, conforme já descrito, propiciando o retorno de parte dos compostos químicos utilizados na agricultura.

Os diferentes tipos de uso do solo têm efeitos distintos na qualidade da água, dependendo da área ocupada, intensidade do manejo, configuração da bacia, dentre outros aspectos. Taniwaki et al. (2017) destacaram que, no caso da Mata Atlântica, a conversão recente de pastagens de baixa intensidade, em áreas de cultivo intensivo de cana-de-açúcar, aumentou as concentrações de nitrato e sedimentos suspensos na água em pequenas bacias. Estes compostos alteram a dinâmica de crescimento de algas, e podem alterar a coloração da água, e que por isto, diminui a transparência da água e influencia em interações intraespecíficas, citando-se a predação como exemplo.

Diante do volume de informações gerado a cada ano e, muitas vezes, da falta de consenso entre suas conclusões, diversas dúvidas surgem entre os agentes envolvidos diretamente na produção (agricultor) e aos gestores e técnicos (ambientais/agrícolas) que se vêem diante de situações complexas. Um exemplo dessa situação pode ser observado através de dois estudos conduzidos na Amazônia Oriental que apontaram situações contrastantes e suas aplicações devem ser consideradas com parcimônia. Um dos estudos foi conduzido com toda a comunidade de insetos aquáticos e apontou que a floresta ripária tem relação positiva direta sobre táxons sensíveis (EPT), enquanto a capoeira e a pastagem tiveram efeitos negativos sobre estas ordens (Monteles et al., 2021). No segundo estudo, foi verificado que a capoeira é uma situação passível de criação de animais, pois permite a manutenção da estrutura funcional de Chironomidae (Sonoda et al., 2018). Neste caso, a sensibilidade do grupo taxonômico bioindicador para apontar impactos dos usos do solo deve ser considerada. Os resultados de ambos estudos indicam a possibilidade de aliar a prática agrícola à sustentabilidade ambiental. Isto reforça

a necessidade da manutenção da mata ripária (Brasil, 2012) aliada à mudança na adoção da capoeira para a produção de animais em detrimento da pastagem convencional.

Considerações finais

Este levantamento confirmou o que já era de conhecimento subliminar, a intensa centralização dos estudos em regiões específicas, principalmente das áreas de estudo utilizadas para a coleta de amostras. Essa concentração está bastante relacionada à proximidade com as universidades e centros de pesquisas e se justifica por alguns fatores: 1. Otimizar recursos financeiros, 2. Permitir estudos de longo prazo em um mesmo local (mesmo que realizados em curto prazo).

Vinte estados da nação mostram-se em situação de ausência de informações e conhecimento ou apresentam baixíssima produção científica no tema, ou seja, 77% dos estados brasileiros não possuem informações necessárias para embasar políticas públicas de gestão para o adequado direcionamento dos usos do solo nas bacias hidrográficas. Dessa forma, as secretarias municipais e estaduais (infraestrutura, planejamento, meio ambiente, e outras) não contam com suporte técnico-científico para as tomadas de decisões. Da mesma forma, os comitês de bacias hidrográficas necessitam destas informações para o seu adequado manejo.

Os capítulos finais do livro retomaram este tema e os autores responderam às seguintes perguntas:

1. Como é possível auxiliar estas instâncias nas gestões eficientes dos estados, municípios e/ou das bacias hidrográficas?

2. Como fazem os gestores dos estados, municípios e/ou das bacias hidrográficas para administrar eficientemente sem embasamento de suporte técnico-científico?
3. Qual o melhor modelo para direcionar a execução de estudos de forma a permitir maior abrangência espacial do país e fornecer dados para estes gestores administrarem, com mais eficácia, as regiões hidrográficas?

Apesar de existirem centenas de publicações disponíveis na internet, esta informação necessita ser compilada, interpretada e disponibilizada de forma célere por profissionais da área para que gestores e o público interessado possam utilizar adequadamente.

Ao longo do livro, o leitor terá a oportunidade de se inteirar sobre as realidades encontradas em alguns biomas/ estados brasileiros. Após este alinhamento, as questões acima apresentadas e perspectivas futuras poderão ser confrontadas às suas próprias considerações.

Referências

ADU, B. W.; OYENIYI, E. A. Water quality parameters and aquatic insect diversity in Aahoo stream, Southwestern Nigeria. **The Journal of Basic and Applied Zoology**, v. 80, p. 15, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1186/s41936-019-0085-3>.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Catálogo de metadados da ANA**. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/0574947a-2c5b-48d2-96a4-b07c4702bbab>. Acesso em: 05 maio 2021.

ALLAN, J. D.; ERICKSON, D. L.; FAY, J. The influence of catchment land use on stream integrity across multiple spatial scales. **Freshwater Biology**, v. 37, p. 149-161, 1997.

AMBASHT, R. S.; AMBASHT, N. K. Land-water ecotone ecology. **Proceedings of the National Academy of Sciences India, Section B – Biological Sciences**, v. 78, p. 99-104, 2008.

BRASIL. Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. **Diário Oficial da União**, Seção 1, 28 mai. 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 01 set. 2022.

BUSS, D. F.; ROQUE, R. O.; SONODA, K. C.; MEDINA JÚNIOR, P. B.; STEFANES, M.; IMBIMBO, H. R. V.; KUHLMANN, M. L.; LAMPARELLI, M. C.; OLIVEIRA, L. G.; MOLLOZZI, J.; CAMPOS, M. C. S.; JUNQUEIRA, M. V.; LIGEIRO, R.; MOULTON, T. P.; HAMADA, N.; MUGNAI, R.; BAPTISTA, D. F. Macroinvertebrados aquáticos como bioindicadores no processo de licenciamento ambiental no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, v. 6, n. 1, p. 100-113, 2016.

CAJAÍBA, R. L.; PÉRICO, E.; SILVA, W. B.; VIEIRA, T. B.; DALZOCHIO, M. S.; BASTOS, R.; CABRAL, J. A.; SANTOS, M. How informative is the response of ground beetles' (Coleoptera: Carabidae) assemblages to anthropogenic land use changes? Insights for ecological status assessments from a case study in the Neotropics. **Science of the Total Environment**, v. 636, p. 1219-1227, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.392>.

CARLSON, P. E.; MCKIE, B. G.; SANDIN, L.; JOHNSON, R. K. Strong land-use effects on the dispersal patterns of adult stream insects: implications for transfers of aquatic subsidies to terrestrial consumers. **Freshwater Biology**, v. 61, n.6, p. 848-861, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1111/fwb.12745>.

CARVALHO, J. L. N.; CERRI, C. E. P.; FEIGL, B. J.; PICCOLO, M. C.; GODINHO, V. P.; HERPIN, U. & CERRI, C. C. Conversion of Cerrado into agricultural land in the South-Western Amazon: carbon stocks and soil fertility. **Sciencia Agricola**, v. 66, n. 2, p. 233-241, 2009.

CHALAR, G.; AROCENA, R.; PACHECO, J. P.; FABIÁN, D. Trophic assessment of streams in Uruguay: a trophic state index for benthic invertebrates (TSI-BI). **Ecological Indicators**, v. 11, p. 362-369, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2010.06.004>.

CHAUHAN, A.; VERMA, S. C. Impact of agriculture, urban and forest land use on physico-chemical properties of water – a review. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 4, n. 10, p. 18-22, 2015.

DI GREGORIO, A.; JANSEN, L. J. M. **Land Cover Classification System (LCCS): Classification Concepts and User Manual**. Environment and Natural Resources Service, GCP/RAF/287/ITA Africover - East Africa Project and Soil Resources, Management and Conservation Service. Rome: FAO, 1998. 157 p. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/229839605_Land_Cover_Classification_System_LCCS_Classification_Concepts_and_User_Manual. Acesso em: 18 out. 2024.

FIERRO, P.; VALDOVINOS, C.; VARGAS-CHACOFF, L.; BERTRÁN, C.; ARISMENDI, I. 2017. Macroinvertebrates and fishes as bioindicators of stream water pollution. In: TUTU, H. (ed.). **Water quality**. Ed. IntechOpen. Universidade de Witwatersrand, África do Sul. DOI: <https://doi.org/10.5772/65084>.

FIRMIANO, K. R.; CASTRO, D. M. P.; LINARES, M. S.; CALLISTO, M. Functional responses of aquatic invertebrates to anthropogenic stressors in riparian zones of Neotropical savanna streams. **Science of the Total Environment**, v. 753, p. 141865, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141865>.

GARCIA-GARCIA, P. L.; VAZQUEZ, G.; NOVELO-GUTIERREZ, R.; FAVILA, M.E. Effects of land use on larval Odonata assemblages in cloud forest streams in central Veracruz, Mexico. **Hydrobiologia**, v. 785, n. 1, p. 19-33, 2017.

GREENWOOD, M. J.; BOOKER, D. J. Influence of hydrological regime and land cover on traits and potential export capacity of adult aquatic insects from river channels. **Oecologia**, v. 180, p. 551-566, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00442-015-3462-8>.

GUZHA, A. C.; RUFINO, M. C.; OKOTH, S.; JACOBS, S.; NÓBREGA, R. L. B. Impacts of land use and land cover change on surface runoff, discharge and low flows: Evidence from East Africa. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v. 15, p. 49-67, 2018.

HEINK, U.; KOWARIK, I. What are indicators? On the definition of indicators in ecology and environmental planning. **Ecological Indicators**, v. 10, p. 584-593, 2010.

IBGE. **Downloads**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>. Acesso em: 8 maio 2021.

IBGE. **Manual técnico de uso da terra**. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=281615>. Acesso em: 18 out. 2024.

KORASAKI, V.; BRAGA, R.; ZANETTI, R.; MOREIRA, F.; VAZ-DE-MELLO, F.; LOUZADA, J. Conservation value of alternative land-use systems for dung beetles in Amazon: valuing traditional farming practices. **Biodiversity & Conservation**, v. 22, n. 6-7, p. 1485-1499, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-013-0487-3>.

KRYNAK, E. M.; YATES, A.G. Benthic invertebrate taxonomic and trait associations with land use in an intensively managed watershed: implications for indicator identification. **Ecological Indicators**, v. 93, p. 1050-1059, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.06.002>.

LAMBIN, E. F.; GEIST, H. J.; LEPERS, E. Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 28, p. 205–241, 2003.

MANDER, Ü.; MEYER, B. Adaptation and functional water management through land use change. **Ecological Indicators**, v. 22, p. 1-3, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.03.033>.

MARQUES, M. M. G. D. M.; BARBOSA, F. A. R.; CALLISTO, M. Distribution and abundance of Chironomidae (Diptera, Insecta) in an impacted watershed in South-East Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 59, n. 4, p. 553-561, 1999.

MELLO, K.; VALENTE, R. A.; RANDHIR, T. O.; SANTOS, A. C. A.; VETTORAZZI, C. A. Effects of land use and land cover on water quality of low-order streams in Southeastern Brazil: Watershed versus riparian zone. **Catena**, v. 167, p. 130–138, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110879>.

MELLO, K.; TANIWAKI, R. H.; PAULA, F. R.; VALENTE, R. A.; RANDHIR, T. O.; MACEDO, D. R.; LEAL, C. G.; RODRIGUES, C. B.; HUGHES, R. M. Multiscale land use impacts on water quality: Assessment, planning, and future perspectives in Brazil. **Journal of Environmental Management**, v. 270, p. 110879, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110879>.

MEYER, K. M.; VOS, M.; MOOIJ, W. M.; HOL, W. H. G.; TERMORSHUIZEN, A. J.; VAN DER PUTTEN, W.H. Testing the paradox of enrichment along a land use gradient in a multitrophic aboveground and belowground community. **Plos One**, v. 7, n. 11, p. e49034. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0049034>.

MONTELES, J.; GERHARD, P.; FERREIRA, A.; SONODA, K. C. Agriculture impacts benthic insects on multiple scales in the Eastern Amazon. **Biological Conservation**, v. 255, p. 108998, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.108998>.

OMETTO, J. P. H. B.; MARTINELLI, L. A.; BALLESTER, M. V.; GESSNER, A.; KRUSCHE, A. V.; VICTORIA, R. L.; WILLIAMS, M. Effects of land use on water chemistry and macroinvertebrates in two streams of the Piracicaba River basin, South-East Brazil. **Freshwater Biology**, v. 44, n. 2, p. 327-337, 2000.

PETERSEN, C. R.; JOVANOVIC, N. Z.; GRENFELL, M. C.; OBERHOLSTER, P. J.; CHENG, P. Responses of aquatic communities to physical and chemical parameters in agriculturally impacted coastal river systems. **Hydrobiologia**, v. 813, p. 157-175, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10750-018-3518-y>.

PRUDENTE, B. S.; POMPEU, P. S.; JUEN, L.; MONTAG, L. F. A. Effects of reduced-impact logging on physical habitat and fish assemblages in streams of Eastern Amazonia. **Freshwater Biology**, v. 62, p. 303-316, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/fwb.12868>.

RENNER, S.; PÉRICO, E.; DALZUCHIO, M. S.; SAHLÉN, G. Water body type and land cover shape the dragonfly communities (Odonata) in the Pampa biome, Rio Grande do Sul, Brazil. **Journal of Insect Conservation**, v. 22, p. 113-125, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10841-017-0042-8>.

RODRIGUES, C.; GUIMARÃES, L.; VIEIRA, N. Combining biomarker and community approaches using benthic macroinvertebrates can improve the assessment of the ecological status of rivers. **Hydrobiologia**, v. 839, p. 1-24, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10750-019-03991-7>.

SCHNEIDER, C.; EKSCHMITT, K.; WOLTERS, V.; BIRKHOFFER, K. Ring-based versus disc-based separation of spatial scales: a case study on the impact of arable land proportions on invertebrates in freshwater streams. **Aquatic Ecology**, v. 45, p. 351-356, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10452-011-9358-8>.

SONODA, K. C.; MONTELES, J. S.; FERREIRA, A.; GERHARD, P. Chironomidae from Eastern Amazon: understanding the differences of land-use on functional feeding groups. **Journal of Limnology**, v. 77, s1, p. 196-202, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4081/jlimnol.2018.1799>.

STENROTH, K.; POLVI, L. E.; FÄLSTRÖM, E.; JONSSON, M. Land-use effects on terrestrial consumers through changed size structure of aquatic insects. **Freshwater Biology**, v. 60, p. 136-149, 2015.

TANIWAKI, R. H., CASSIANO, C. C., FILOSO, S., FERRAZ, S. F. DE B., CAMARGO, P. B. DE, & MARTINELLI, L. A. Impacts of converting low-intensity pastureland to high-intensity bioenergy cropland on the water quality of tropical streams in Brazil. **Science of The Total Environment**, 584-585, p. 339-347, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.12.150>.

WESNER, J. S. Seasonal variation in the trophic structure of a spatial prey subsidy linking aquatic and terrestrial food webs: adult aquatic insects. **Oikos**, v. 119, n. 1, p. 170-178, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2009.17687.x>.