

# Manejo e uso da água na Amazônia Ocidental

Denis Cesar Cararo | Catia Eliza Zuffo

## Introdução

Na Amazônia Ocidental, existe uma grande variabilidade de ecossistemas naturais, em diferentes tipos de paisagens, variando de áreas planas a montanhosas, solos de baixa a alta fertilidade natural, além de diferenciações climáticas na pluviosidade e escoamento superficial.

Como exemplo dessas variações, podem-se citar os campos cerrados de Roraima, em áreas planas e com presença de sais solúveis; os cerrados do sul do Amazonas, também em áreas planas, porém em solos de baixa fertilidade; as áreas montanhosas do oeste acreano, ou as escarpas da Chapada dos Parecis, em Rondônia, solos profundos e bem desenvolvidos na região de Vilhena e Alta Floresta, em Rondônia, em contraposição aos solos pouco desenvolvidos da região de Pimenta Bueno, Rondônia, Feijó e Tarauacá no Acre, todos de relevo também variando de plano a forte ondulado, em vegetação natural que varia de campos cerrados a florestas ombrófilas.

A saúde ambiental, o lucro e a equidade social são objetivos gerais e simultâneos para uma agricultura sustentável na Amazônia, as quais dependem de condições favoráveis na interação solo-planta-clima.

A erosão hídrica, a contaminação de fontes de águas superficiais ou subterrâneas, a lixiviação de nutrientes e a deficiência hídrica ou de oxigênio, decorrentes do manejo inadequado do solo ou da água podem resultar em custos des-

necessários e diminuição da produtividade ou da qualidade dos produtos agrícolas.

No intuito de evitar esses problemas, podem ser empregadas tecnologias ou práticas recomendadas, que são variadas e dependentes dos processos a serem manejados.

Essa enorme variabilidade de condições naturais impõe que o manejo adequado da água e das tecnologias mencionadas requer um claro conhecimento das estratégias a serem aplicadas a cada situação particular, inclusive levando em conta qual o grupo humano envolvido, se de populações tradicionais ou de migrantes agropecuaristas e os seus respectivos modos de vida e produção.

Adicionalmente ao uso da água em áreas rurais, deve também ser considerada a sua utilização para fins de navegação, produção de energia elétrica, industrial e agroindustrial, pesca, aquicultura, extração de minerais, turismo e lazer, entre outros usos.

Frente à complexidade de uso, diversas regulamentações governamentais em nível federal e estadual foram elaboradas para disciplinar, nos diferentes setores das atividades humanas, as regras e condições para a gestão dos recursos hídricos, algumas das quais serão apresentadas ao longo deste estudo.

O objetivo deste trabalho é disponibilizar informações relacionadas ao uso agrícola da água na Amazônia Ocidental brasileira, onde se incluem

os estados do Acre, Amazonas, Rondônia e Roraima, bem como discutir o potencial uso dos recursos hídricos, inclusive em irrigação, sob o foco da sustentabilidade.

## Aspectos legais e gerenciais no uso da água para a agricultura

O Brasil possui um Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), normado pela Lei nº 9.433, conhecida como a Lei das Águas (Brasil, 1997), entre outras denominações, como as apresentadas na Tabela 1.

A atual legislação define as competências conforme o caso (para bacias hidrográficas, estados ou país) e que apresentam dinâmico processo de implantação:

1) Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH).

2) Agência Nacional de Águas e de Saneamento Básico (ANA).

3) Conselhos de Recursos Hídricos dos estados e do DF.

4) Órgãos dos poderes públicos federal, estaduais, do Distrito Federal e municipais cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos.

5) Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH).

6) Agências de Água.

Das várias legislações relativas à água, destacam-se as resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), no tocante à classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como o estabelecimento de condições e padrões de lançamento de efluentes, pois essas questões afetam diretamente o manejo da água na agricultura, por meio da definição de conceitos,

**Tabela 1.** Algumas legislações utilizadas em recursos hídricos, aplicadas à agricultura.

Denominação	Data	Aplicação
Lei nº 9433	8/1/1997	Política Nacional de Recursos Hídricos
Resolução Conama nº 357	17/3/2005	Classificação das águas
Resolução CNRH nº 54	28/11/2005	Reúso direto não potável de água
Resolução Cemact/AC nº 04/2010	17/8/2010	Outorga e situações não sujeitas a outorga no Acre
Resolução CNRH nº 121	16/12/2010	Reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal
Resolução Cemact/RR nº 01/2011	2011	Outorga e situações não sujeitas a outorga em Roraima
Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914	12/12/2011	Controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano
Lei nº 12.787	11/1/2013	Política Nacional de Irrigação
Resolução CRH/RO nº 04	18/3/2014	Situações não sujeitas a outorga em Rondônia
Resolução CERH/AM nº 01	19/7/2016	Outorga no Amazonas
Resolução CERH/AM nº 02	19/7/2016	Situações não sujeitas a outorga no Amazonas
Portaria Sedam nº 081/GAB/Sedam	23/3/2017	Outorga em Rondônia
Portaria nº 449/2019/Sedam/COREH	11/11/2019	Dispensa de outorga em Rondônia

estabelecendo limites para condições e padrões, bem como indicando parâmetros que necessitam de análises técnicas para avaliação, tanto para as classes e usos das águas, bem como de efluentes.

Assim, a Resolução Conama nº 020 de 18/06/1986 foi revogada pela Resolução Conama nº 357 de 17/03/2005, e esta foi alterada pela Resolução nº 370 de 06/04/2006 e complementada pela Resolução nº 393 de 08/08/2007. Posteriormente, a Resolução Conama nº 410 de 04/05/2009 alterou o art. 44 da Resolução nº 357/2005 e o art. 3º da Resolução nº 397/2008 que também trata desta questão. Mais recentemente, a Resolução Conama nº 430 de 13/05/2011 também definiu alterações na Resolução nº 357/2005 (Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2005).

Além das legislações próprias que definem cada Política Estadual de Recursos Hídricos e respectivo Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, percebem-se avanços mais expressivos em relação à outorga de direito de uso dos recursos hídricos se comparados aos demais instrumentos de gestão, pois gradativamente são disponibilizados na rede mundial de computadores os normativos estaduais, a exemplo das Resoluções nº 1 e nº 2 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Amazonas de 2016, que estabelecem critérios para pedidos de outorga e caracterização de usos considerados insignificantes (Conselho Estadual de Recursos Hídricos, 2016a, 2016b).

Situação semelhante é encontrada em Rondônia, pela Resolução CRH/RO nº 4, de 18 de março de 2014, que trata sobre critérios para definição de derivações, captações, lançamentos de efluentes, acumulações e outras interferências em corpos de água de domínio do estado de Rondônia que independem de outorga (Conselho Estadual de Recursos Hídricos, 2014). A Portaria Sedam nº 081/GAB/Sedam, de 23 de março de 2017, dispõe sobre os procedimentos

administrativos e documentação necessária para emissão de autorização de uso de recursos hídricos no âmbito do estado de Rondônia, foi alterada pela Portaria nº 449/2019/Sedam-COREH.

Todos os estados da Amazônia Ocidental atuam em consonância com a Lei nº 9.433 e, apesar de alguma peculiaridade local, como Acre e Roraima ainda abordarem a temática com uma única resolução aplicada de acordo com as respectivas leis e decretos estaduais que tratam desse importante instrumento de gestão dos recursos hídricos, observa-se na Tabela 1 que os estados de Amazonas e Rondônia, que apresentaram legislações aprovadas nos últimos anos, utilizam mais de um normativo, separados por tópicos, provavelmente para facilitar a orientação e análise de cada situação.

Convém salientar que, por se tratar de meta federativa no âmbito do Programa de Consolidação do Pacto Nacional pela Gestão das Águas (Progestão), a tendência é de que a integração dos dados de usuários de recursos hídricos, compartilhados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), por meio do Cadastro Nacional dos Usuários de Recursos Hídricos (CNARH), seja padronizada visando melhorar o conhecimento das demandas de recursos hídricos para fortalecer a gestão integrada das águas superficiais e/ou subterrâneas, tanto de domínio da União como dos estados.

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) (Brasil, 1997), cuja entidade federal de implementação é a ANA, prevê seis instrumentos de gestão de recursos hídricos no Brasil, detalhados no Capítulo 4 da Lei 9.433/97, a saber:

- 1) Planos de recursos hídricos: com escalas e competências distintas – Plano Nacional de Recursos Hídricos; Plano Estadual de Recursos Hídricos e Plano de Bacia Hidrográfica.

- 2) Enquadramento dos corpos d'água: baseado em aspectos conceituais e legais; este instrumento requer atenção às etapas do processo de formulação e implantação do enquadramento, com alcance de metas progressivas de qualidade da água.
- 3) Outorga de direito de uso: além dos aspectos legais sobre a outorga, existe a outorga para as diversas finalidades de uso e conforme o caso; isso ocorre na União ou nos estados.
- 4) Fiscalização do uso de recursos hídricos: leva em conta as infrações e penalidades, os instrumentos de fiscalização e o cadastro de usuários de recursos hídricos, sendo referência o CNARH.
- 5) Cobrança pelo uso da água bruta: além dos aspectos legais e conceituais, há as competências relacionadas à cobrança, os passos, mecanismos e valores para sua implantação, bem como realidades e desafios relacionados com a cobrança.
- 6) Sistema de informação: baseando-se em conceitos, metodologias e programas.

É importante também a integração entre os instrumentos da PNRH e destes com os instrumentos de outras políticas relacionados à gestão dos recursos hídricos, tais como o zoneamento ecológico-econômico, o pagamento por serviços ambientais, os planos diretores municipais, planos de saneamento e a avaliação de impacto ambiental de obras hídricas.

Entre os entes, programas e instrumentos relativos aos estados da Amazônia Ocidental no tocante à gestão de recursos hídricos, destacam-se o Progestão e o Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas (PNQA) (Agência Nacional de Águas, 2019c), além do Programa de Estímulo à Divulgação de Dados de Qualidade de Água (Qualiágua) (Agência Nacional de Águas, 2019b) e do Sistema de Informações em Águas Subterrâneas (SIAGAS)

do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 2019).

O Progestão foi estruturado pela ANA para apoiar os Sistemas Estaduais de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SEGREHs), que integram o SINGREH. Tendo base em normativos legais, esse programa oferece incentivo financeiro, pelo alcance de metas definidas entre a ANA e as entidades estaduais, mediante adesão voluntária através de Decreto Oficial (AC - nº 5698 de 26/4/2013, RO - nº 18.045 de 24/07/2013, AM - nº 34-059 de 9/10/2013 e RR - nº 16-699 de 24/2/2014), promovendo os usos múltiplos e sustentáveis dos recursos hídricos, alicerçados no tripé "de forma integrada, descentralizada e participativa".

Nesse programa, a complexidade de gestão foi escolhida pela própria unidade da federação por tipologias A, B, C e D, sendo que, na Amazônia Ocidental, os estados do Acre, Amazonas e Roraima adotaram a tipologia "A", e Rondônia, a tipologia "B" (Agência Nacional de Águas, 2020b). Tanto a escolha da tipologia "B" quanto a quantidade e respectivas áreas dos CBHs em Rondônia demonstram um nível um pouco mais complexo para a gestão dos recursos hídricos se comparados aos outros três estados que compõem a Amazônia Ocidental.

É importante salientar que os quatro estados atualmente se encontram no ciclo 2 do programa e todos mantiveram a tipologia adotada no ciclo 1, que foi amplamente avaliado, o que demonstra que a opção inicial foi adequada e que não houve um aumento no grau de complexidade da gestão de recursos hídricos que justificasse a alteração para uma tipologia mais complexa. Na Tabela 2, há informações resumidas desses estados, divulgados e atualizados pelo endereço eletrônico do programa.

O PNQA possui o objetivo de aumentar e disseminar o conhecimento sobre as águas superficiais no Brasil, orientando a elaboração

**Tabela 2.** Informações relevantes quanto à gestão de recursos hídricos na Amazônia Ocidental Brasileira.

UF <sup>(1)</sup>	Situação atual da gestão de recursos hídricos
Acre	<p>Área física: 164.124 km<sup>2</sup>; população estimada: 869.265 habitantes, com 22 municípios; IDHM: 0,663</p> <p>Possui legislação e Fundo Especial de Meio Ambiente (Femac).</p> <p>Não possui um conselho de recursos hídricos, mas uma câmara técnica em caráter permanente, ligada ao Conselho Estadual de Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia (Cemact).</p> <p>Seu primeiro Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH/AC), foi lançado em 2012.</p> <p>A Secretaria de Estado de Meio Ambiente (Sema) é o órgão gestor de recursos hídricos.</p> <p>O estado apresenta seis unidades estaduais de gestão de recursos hídricos, e o Instituto do Meio Ambiente do Acre (IMAC) é o órgão executor e fiscalizador da política de meio ambiente e de recursos hídricos.</p> <p>Não há registro de comitês de bacias hidrográficas.</p>
Amazonas	<p>Área física: 1.559.149 km<sup>2</sup>; população estimada: 4.080.611 habitantes, com 62 municípios; IDHM: 0,674</p> <p>Possui legislação e Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH/AM).</p> <p>Possui fundo estadual de recursos hídricos, porém ainda não implantado.</p> <p>A Secretaria de Estado do Meio Ambiente (Sema) é o órgão gestor de recursos hídricos e o Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (Ipaam) é o órgão executor da Política de Recursos Hídricos.</p> <p>Possui dois comitês de bacias hidrográficas estaduais instalados e nove unidades estaduais de gestão de recursos hídricos.</p> <p>Plano Estadual de Recursos Hídricos aprovado em fevereiro de 2020 (Amazonas, 2020).</p>
Rondônia	<p>Área física: 237.591 km<sup>2</sup>; população estimada: 1.757.589 habitantes, com 52 municípios; IDHM: 0,690.</p> <p>Possui legislação e Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CRH/RO).</p> <p>Possui fundo estadual de recursos hídricos, porém ainda não implantado.</p> <p>O órgão gestor de recursos hídricos é a Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental (Sedam).</p> <p>Possui cinco comitês de bacias hidrográficas estaduais criados e três instalados.</p> <p>Plano Estadual de Recursos Hídricos aprovado em 2018 com 19 unidades estaduais de gestão de recursos hídricos</p>
Roraima	<p>Área física: 224.303 km<sup>2</sup>; população estimada: 576.568 habitantes, com 15 municípios; IDHM: 0,707.</p> <p>Possui legislação e Conselho Estadual de Recursos Hídricos.</p> <p>O Fundo Estadual de Recursos Hídricos foi instituído em 2006.</p> <p>Plano Estadual de Recursos Hídricos foi lançado em 2008.</p> <p>O órgão gestor de recursos hídricos é a Fundação Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Roraima (FEMARH).</p> <p>O estado apresenta seis unidades estaduais de gestão de recursos hídricos.</p> <p>Não há registro de comitês de bacias hidrográficas.</p>

<sup>(1)</sup> Unidades Federativas, Acre: dados atualizados em 31/08/2020; Amazonas: dados atualizados em 10/04/2019; Rondônia e Roraima: dados atualizados em 16/08/2019.

de políticas públicas visando à recuperação da qualidade ambiental nos rios e reservatórios, bem como ampliar a Rede Nacional de Monitoramento em conjunto com os órgãos gestores estaduais de recursos hídricos. A iniciativa certamente vai ampliar o levantamento de dados, atualmente carentes, na área da Amazônia Ocidental (Agência Nacional de Águas, 2019c).

Outra iniciativa é a criação de um programa pela ANA por meio da Resolução nº 903 de 22 de julho de 2013, o qual tem por objetivo a ampliação e continuidade do monitoramento pelas redes que compõem a Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais (RNQA) (Agência Nacional de Águas, 2013b). Com a adesão de Rondônia através do Contrato nº 031/2016/ANA - Qualiágua, gradativamente o Amazonas, Roraima e Acre também aderiram a esse programa. Com isso, vislumbra-se uma ampliação de pontos e parâmetros amostrados nesses estados, que em futuro próximo poderão ampliar o banco de dados da região.

Em relação às águas subterrâneas, a Constituição Federal define que a gestão e a autorização para o uso dessa fonte, inclusive para a perfuração de poços, são competências dos estados. O trabalho da ANA, em relação às águas subterrâneas, é elaborar estudos que forneçam informações para incentivar a gestão integrada e sustentável dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Quanto ao SIAGAS, ele é composto por uma base de dados de poços, permanentemente atualizada, e de módulos capazes de realizar consultas, pesquisa, extração e geração de relatórios (Agência Nacional de Águas, 2020c).

O resultado das ações decorrentes do SINGREH, tais como das referentes ao Progestão, ao PNQA, ao Qualiágua, ao SIAGAS, entre outros, tem interferência na sustentabilidade agrícola e na conservação ambiental, de modo a garantir a quantidade e a qualidade da água aos usuários no meio rural, de maneira direta quanto

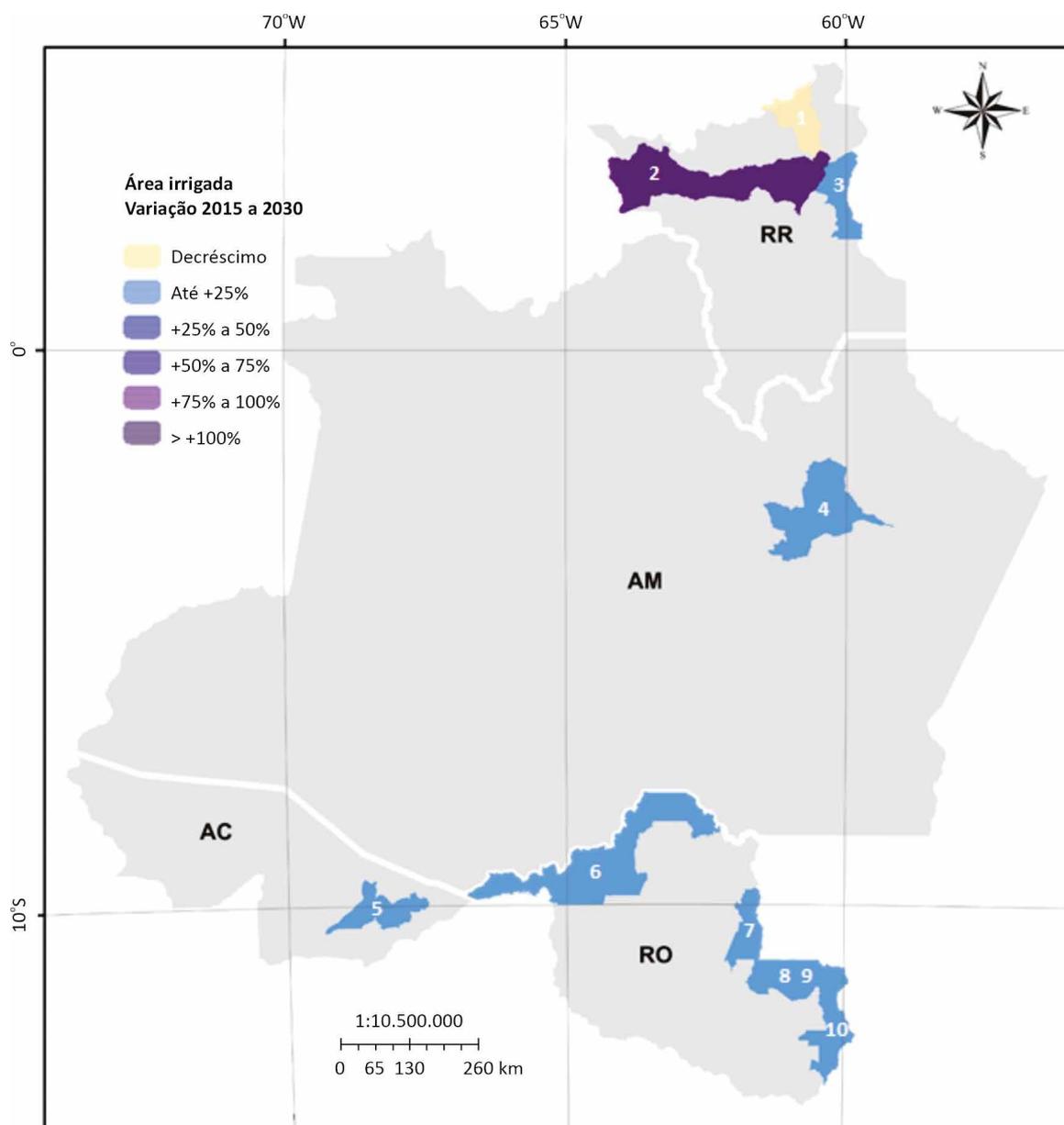
à captação e lançamento, bem como indireta pelos benefícios oriundos da floresta, incluindo áreas de preservação permanente (APP), áreas de reserva legal (ARL) e de uso restrito, e corpos d'água.

## Caracterização quantitativa e qualitativa dos recursos hídricos

A sustentabilidade de múltiplos usos depende, entre outros fatores, de um manejo eficiente da água, baseado em monitoramento e em controle quantitativo e qualitativo. Isso poderá ser efetivado pela gestão adequada nas diferentes bacias hidrográficas. Nesse contexto, alguns planos estaduais de recursos hídricos foram elaborados na Amazônia Ocidental, porém ainda existe carência de planos de bacia hidrográfica e um sistema de informações de recursos hídricos satisfatório.

Na agricultura, estrategicamente é interessante a caracterização hídrica quantitativa onde há maior uso da água para irrigação. Como indicativo, sugere-se observar o avanço em 25% da área irrigada entre 2015 e 2030 previsto pela ANA para o norte de Roraima, o entorno de Manaus, AM, a região de Acrelândia, AC, Porto Velho, e o entorno de Cacoal, RO, e Vilhena, RO (Figura 1). Esse percentual poderá ser ainda maior, visto que, recentemente, tem ocorrido uma expansão da cafeicultura irrigada no interior de Rondônia. Além da cafeicultura, as culturas de milho, arroz, banana, feijão e oleaginosas (IBGE, 2020) (Figura 2), forrageiras e frutíferas são também representativas para a irrigação nos estados da Amazônia Ocidental. Independentemente da cultura, todas têm importância quanto à manutenção hídrica na propriedade rural.

Sugere-se a consulta ao sistema Hidroweb da Agência Nacional de Águas (2020a) (<http://www.snirh.gov.br/hidrotelemetria/Mapa.aspx>) para dados quantitativos relacionados às ba-



**Figura 1.** Variação percentual da área equipada para irrigação em 2015 com projeção para 2030, por município, para Rondônia, Acre, Roraima e Amazonas, considerando área irrigada em 2015 de 500 ha a 1.000 ha (regiões 2, 4, 5, 6, 7 e 9), 2.000 ha a 3.500 ha (regiões 3 e 10) e 3.500 ha a 5.000 ha (regiões 1 e 8).

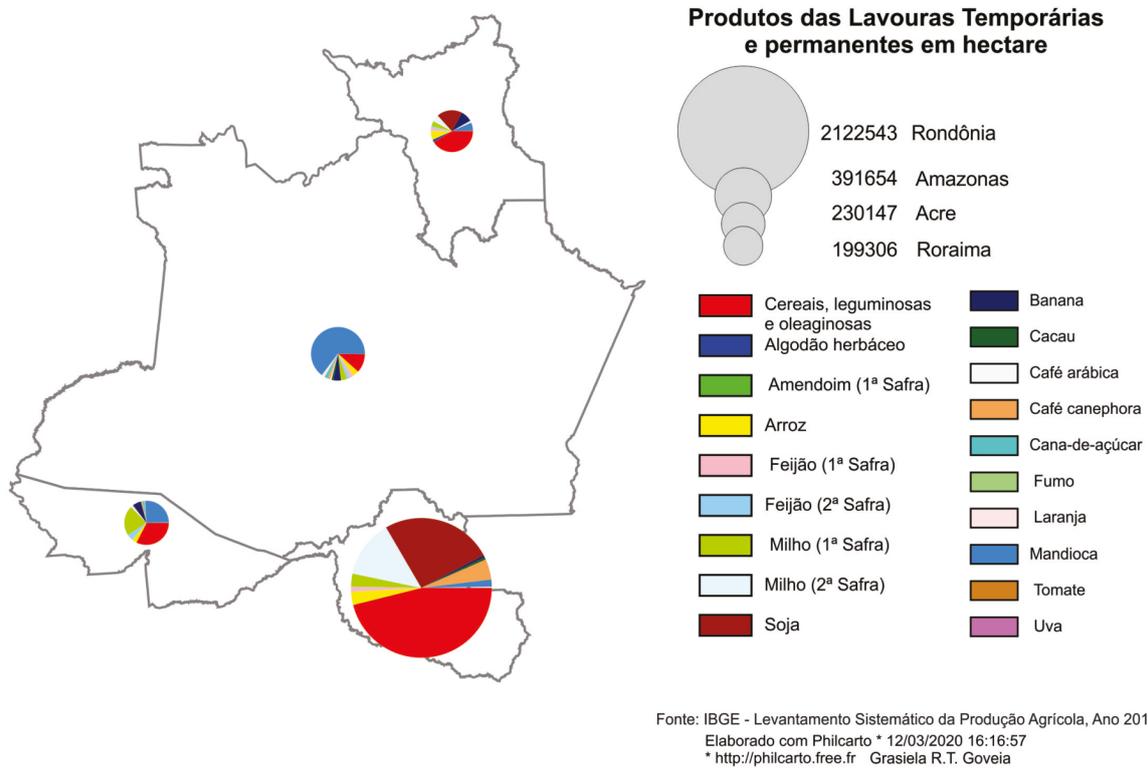
Fonte: Agência Nacional de Águas (2017).

cias hidrográficas pertencentes à grande bacia hidrográfica amazônica (Figura 3).

Quanto aos tipos de rios amazônicos, Sioli (1951) apresentou uma classificação com três subdivisões, que representam estágios distintos de idade. Publicações mais recentes como Junk (1979) apresentam informações complementares entre níveis de transição, sendo que, para os grandes rios que escoam na Amazônia

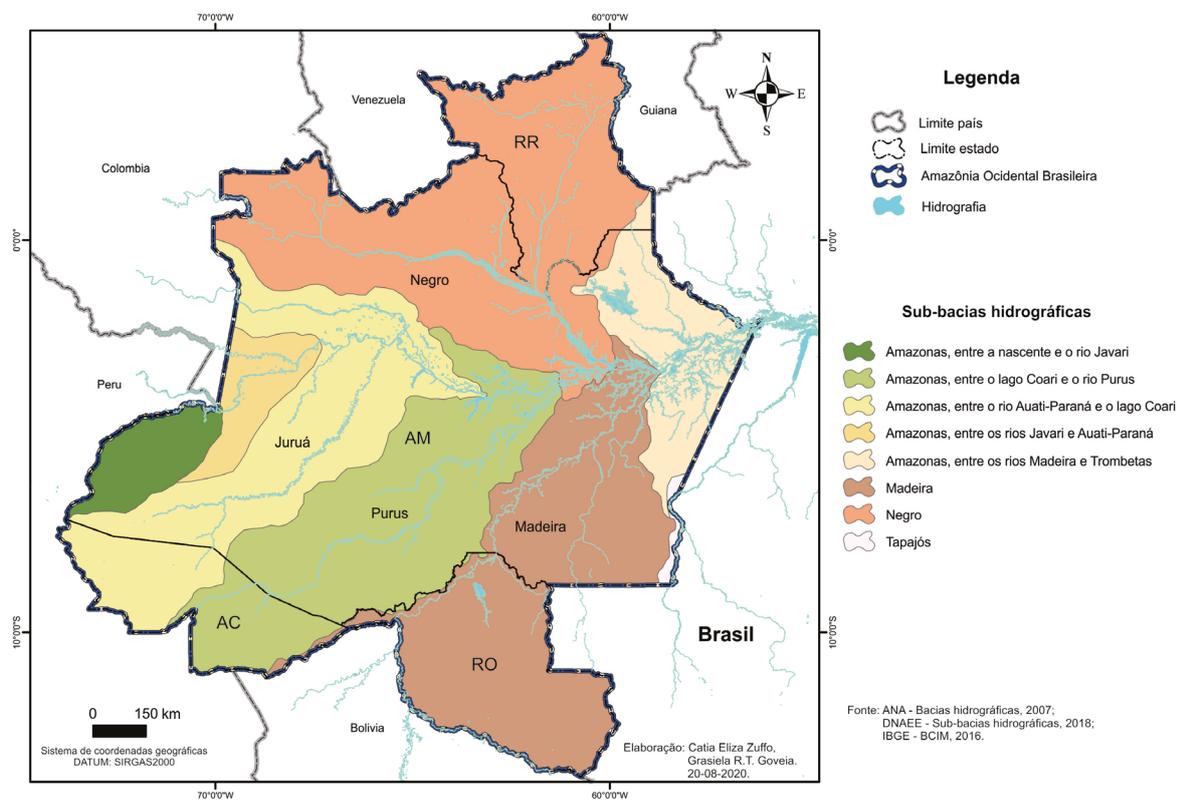
Ocidental, exemplos típicos são de água branca com alto curso nos Andes (Solimões, Purus e Madeira) e água preta (Negro), pois os de água clara drenam menor área nessa porção da Amazônia (Tapajós).

Segundo Silva et al. (2016), em caso de enquadramento dos corpos hídricos, existem divergências entre os limites estabelecidos para as classes de água na legislação e ambientes



**Figura 2.** Área colhida de lavouras temporárias e permanentes em 2019 na Amazônia Ocidental.

Fonte: IBGE (2019).



**Figura 3.** Bacias hidrográficas presentes na Amazônia Ocidental Brasileira.

Fonte: Adaptado de Agência Nacional de Águas (2013a; 2018) e IBGE (2016).

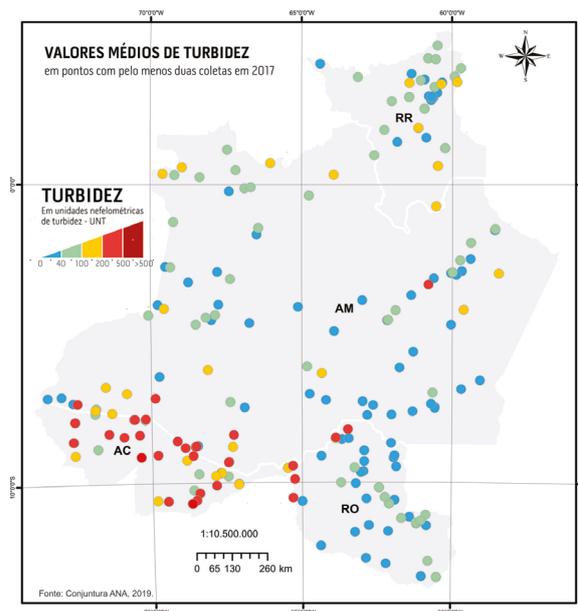
naturais da região Amazônica devido à variedade de propriedades físicas e química das águas. Os autores salientam a importância da criação dos comitês de bacias para o avanço neste importante instrumento de gestão dos recursos hídricos que é enquadramento dos corpos de água.

No Conjuntura dos Recursos do Brasil (Agência Nacional de Águas, 2019a), verifica-se que, nos estados da Amazônia Ocidental, os dados disponibilizados são oriundos da Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN), coordenada pela ANA, tendo como principal foco o monitoramento quantitativo, porém “essa rede também monitora parâmetros básicos de qualidade” (Agência Nacional de Águas, 2019a). Nessa mesma fonte, o cenário da qualidade das águas brasileiras com dados de monitoramento obtidos no ano de 2017 é discutido a partir de seis indicadores selecionados, mas, para os estados da Amazônia Ocidental, somente três desses indicadores apresentam informações, a saber: o oxigênio dissolvido, a condutividade e a turbidez.

O oxigênio dissolvido (OD) é essencial para todas as formas de vida nos corpos hídricos. Águas com boa qualidade geralmente apresentam concentrações de OD superiores a 5 mg L<sup>-1</sup>. Na análise da Figura 4, percebe-se que somente no estado de Roraima todos os pontos amostrados apresentaram resultados muito bons ou excelentes.

A condutividade elétrica da água (CEa) é uma medida da concentração total de íons dissociados e presentes na solução. É um indicador de qualidade da água que é influenciado por outros atributos oriundos de fontes naturais ou da ação antrópica, no campo são exemplos os processos erosivos ocasionados pelo manejo inadequado do solo ou a aplicação incorreta de fertilizantes. Os valores médios apresentados pela Agência Nacional de Águas (2019a) não demonstram situações críticas na área objeto deste estudo.

O grau de transparência da água é indicado pela turbidez. Na Figura 4, destacam-se os va-



**Figura 4.** Valores médios de OD e Turbidez na Amazônia Ocidental em 2017.

Fonte: Agência Nacional de Águas (2019a).

lores médios de turbidez dos rios que banham o Acre e o Rio Madeira em Rondônia, porém o relatório Conjuntura da ANA (Agência Nacional de Águas, 2019a) informa que, nesses casos, a turbidez verificada é resultante de condições naturais dos rios.

A Sedam em Rondônia disponibilizou uma planilha com resultados de coletas entre 2016 e 2019 (Rondônia, 2020), em que se observa um total de 27 pontos distribuídos entre rios e lagoas de seis das sete bacias hidrográficas (BHs) existentes no estado, apresentando quando possível dados de vazão (m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>) e outras seis a dez variáveis relacionadas à qualidade das águas, sendo a quantidade de pontos por bacia a seguinte: Rio Jamari (4), Rio Madeira (4), Rio Abunã (1), Rio Mamoré (2), Rio Machado (9) – o maior de RO –, e Rio Guaporé (7).

Em relação às águas subterrâneas, destacam-se pelo SIAGAS (base de dados frequentemente atualizada - versão abril de 2019) os seguintes quantitativos de pontos cadastrados por estado: Acre (1.092), Amazonas (9.375), Rondônia (2.935) e Roraima (1.868) (Freddo, 2019). Na Tabela 3, são apresentadas algumas infor-

mações das dependências da CPRM que atuam na região em estudo.

**Tabelas 3.** Informações das subdivisões da CPRM que atuam na Amazônia Ocidental.

Estado	Situação atual da gestão de recursos hídricos subterrâneos
Amazonas	500 poços cadastrados/ano e 800 poços consistidos/ano (Superintendência Regional de Manaus – Sureg/AM)
Amazonas e Roraima	Acordos/parceiros: Ipaam e FEMARH
Rondônia	500 poços cadastrados/ano e 300 poços consistidos/ano (Residência de Porto Velho – Repo)
Rondônia e Acre	Acordos/parceiros: Sedam/RO, Sema/AC e IMAC/AC

Fonte: Freddo (2019).

O acompanhamento das condições das águas subterrâneas é relevante, pois constitui uma parcela significativa da água potável utilizada tanto para o consumo humano, como à agricultura, entre outros fins.

Abreu et al. (2013) afirmam que o Sistema Aquífero Grande Amazônia (Saga) é um sistema hidrogeológico formado por quatro bacias sedimentares (Acre, Solimões, Amazonas e Marajó), compostas por diversas unidades litoestratigráficas com idades geológicas distintas e que representam um expressivo potencial de águas subterrâneas para o nosso País.

Baseando-se na localização das bacias sedimentares amazônicas e no mapeamento dos aquíferos transfronteiriços realizado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (2014), em relação à Amazônia Ocidental, pode-se afirmar que o estado do Acre, devido à presença do Aquífero Solimões, e principalmente o estado do Amazonas, pelo predomínio do Aquífero Içá, são os mais favorecidos por unidades integrantes do Saga. O Aquífero Alter do Chão, que abastece boa parte da região metropolitana de Manaus e

prolonga-se no sentido leste por uma faixa adjacente à calha do Rio Amazonas, destaca-se pela grandeza de suas reservas e é o mais conhecido da região amazônica (Pita et al., 2018).

Em relação ao volume anual (m<sup>3</sup>) de águas subterrâneas exploradas na Amazônia Ocidental, conforme a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (2014), novamente o entorno e a própria região metropolitana de Manaus destacam-se pela captação dos volumes mais expressivos, predominando possivelmente o consumo industrial e de abastecimento humano, enquanto, nos estados de Roraima e Rondônia, os volumes explorados de águas subterrâneas são menos expressivos, porém os poços localizam-se em áreas bem mais abrangentes; disto pode-se inferir maior diversidade de usos, incluindo a destinação para a agricultura.

## Manutenção hídrica no solo para a sustentabilidade agrícola e conservação ambiental

Os termos “socialmente justo”, “culturalmente aceito”, “economicamente viável” e “ambientalmente correto” são definidos como pilares da sustentabilidade de modo geral. Especificamente, corresponde a existir disponibilidade de água tanto em qualidade como em quantidade compatíveis às pessoas, animais, solo, plantas e ambiente no meio rural; repensar a necessidade da captação de água para fins de irrigação, reduzir o uso da água sem reduzir a produtividade das culturas, reutilizar a água de irrigação ou da chuva e reciclar nutrientes e água mantendo-a no solo por meio de alguma prática conservacionista; usar técnicas agrícolas eficientes com maior relação benefício/custo; e não aceitar o desperdício e a contaminação de água, bem como a falta de proteção do solo.

O clima zonal Equatorial é predominante na Amazônia Ocidental (IBGE, 2002), pois, somente no centro de Roraima, observa-se uma área semicircular em direção a nordeste e leste daquele estado com a denominação de Tropical Zona Equatorial.

Como diferenciações climáticas, a mesma fonte cita que a região é Quente, apresentando em todos os meses do ano a média superior a 18 °C, porém é na distribuição da pluviosidade que existem subdivisões, no clima Equatorial Superúmido sem seca/subseca que predomina no estado do Amazonas, Úmido com 1 a 3 meses secos em Rondônia e com predomínio no Acre e Roraima, sendo que neste último a parte classificada como Tropical Zona Equatorial é Semiúmida com 4 a 5 meses secos.

Quanto maior o período seco, maior déficit hídrico para os cultivos. Como consequência da diminuição do escoamento superficial, aumenta gradativamente a exploração de águas subterrâneas, confirmada pela sobreposição dessa classificação climática com o mapeamento realizado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (2014).

Em grande parte da Amazônia Ocidental, o excesso de chuvas em um período do ano e a escassez em outro, a baixa fertilidade natural, a elevada acidez e o baixo teor de material orgânico no solo restringem o potencial produtivo das culturas. Além dessas condições naturais, há atividades indesejáveis e incoerentes à agricultura sustentável e à conservação ambiental relacionadas aos recursos hídricos, tais como algumas atividades indesejáveis e incoerentes à agricultura sustentável:

- Falta de gestão nas propriedades rurais
- Queimada não controlada
- Plantio em desnível
- Solo descoberto em entrelinhas

- Ineficiência no planejamento e no manejo de irrigação
- Descaso da preservação de áreas de preservação permanente
- Descaso quanto à necessidade de outorga de direito de uso da água
- Descaso quanto ao uso de produtos fitossanitários sob a aplicação de tecnologia apropriada

Dessa forma, verifica-se que é necessário mitigar a sazonalidade e melhorar as condições físicas, químicas e biológicas do ambiente para manutenção de elevadas produtividades por muitos anos, bem como produzir alimentos com qualidade. Isso indica e reforça como é necessário adotar medidas que valorizem a conservação dos recursos naturais, entre eles o solo e a água, tais como algumas práticas favoráveis ao uso agrícola sustentável:

- Subsolagem em solos com camadas subsuperficiais compactadas
- Terraceamento para controle do fluxo de água superficial em declives
- Drenagem em áreas pouco ou mal drenadas
- Uso de culturas tolerantes à falta de água em regiões de sequeiro com sazonalidade pluviométrica
- Manutenção da cobertura de solo para conservação da umidade do solo
- Recomposição florestal das APP, de ARL e de uso restrito para proteção de nascentes e corpos d'água
- Aplicação racional e otimizada de água em irrigação e demais usos de água captada
- Uso de produtos fitossanitários, fertilizantes e demais insumos sob recomendações técnicas, considerando a interação agrícola-ambiental

- Controle de queimadas
- Calagem e adubação verde, química e orgânica fundamentadas no laudo de fertilidade do solo e nas exigências nutricionais das culturas
- Pastagens bem manejadas
- Integração lavoura-pecuária-floresta
- Uso de plantas de cobertura
- Cultivo em curva de nível
- Cultivo em faixas
- Cordões de vegetação permanente
- Barreiras vivas ou faixas de retenção
- Alternância de faixas de capina
- Cobertura morta
- Roçada de ervas daninhas nas entrelinhas de cultivos perenes
- Rotação de culturas
- Sistema de plantio direto
- Arborização para ambiência animal
- Culturas anuais e perenes comerciais de acordo com o mapa de uso e ocupação da terra

A adoção de técnicas recomendadas permite a manutenção hídrica no solo, sem ocorrer o estresse hídrico desnecessário às plantas, a perda de solo e nutrientes e a permanência de condições muito úmidas desfavoráveis à mecanização, à respiração radicular e às interações químico-biológicas. Elas permitem a recarga do lençol freático, o uso da água com qualidade compatível às atividades na bacia hidrográfica e a preservação da fauna e da flora locais.

A quantidade de água no solo pode ser mensurada a partir de sensores de umidade de solo ou outro método de preferência do produtor ou gestor hídrico. Outros componentes do balanço hídrico também podem ser registrados e

monitorados ao longo do tempo, como a precipitação por pluviômetros, e o escoamento superficial pela obtenção de dados de vazão de cursos de água pela hidrometria. Esses dados permitem identificar a eficiência das técnicas anteriormente mencionadas e empregadas na propriedade rural quanto à manutenção hídrica no solo, bem como quanto à contribuição hídrica para os múltiplos usos na bacia hidrográfica, inclusive para irrigações a jusante.

### **Interferências qualitativas da água de irrigação no solo**

As fontes de água para irrigação podem ser superficiais – ex.: lóticos (rios) ou lânticos (lagos) – ou subterrâneas (ex.: poços semiartesianos). A qualidade deste recurso natural está diretamente relacionada ao uso e ocupação do solo a montante da captação, inclusive às boas práticas agrícolas e ambientais nas bacias hidrográficas.

Ao adotar a técnica da irrigação como fonte suplementar de água às culturas, previamente é recomendável verificar suas características físicas, químicas e biológicas, a partir de uma amostragem como indicado por Bernardo et al. (2019) ou por Paterniani e Pinto (2001), e enviar para análise em laboratório para determinação de parâmetros, tais como os visualizados na Tabela 4, a fim de proceder a manejos ou tratamentos apropriados e evitar problemas inerentes ao seu uso. Prado et al. (2004) apresentam como realizar a coleta, o acondicionamento, a preservação e as análises laboratoriais de amostras de água destinada à irrigação, à criação animal ou a fins ambientais.

Conhecimentos prévios sobre os lançamentos anteriores ao local da captação, o uso do solo na bacia hidrográfica a montante e algumas características funcionam como indicadores expeditos da qualidade da água: o pH, a condutividade elétrica, a cor, a turbidez e o odor da água a ser captada.

**Tabela 4.** Principais parâmetros a serem analisados da água a ser captada para irrigação.

Físico	Biológico	Químico
Temperatura	Coliformes	pH
Turbidez	Algas	Relação de Adsorção de Sódio (RAS)
Cor		Dureza
Sólidos totais		Ferro, manganês, oxigênio dissolvido, nitrogênio, fósforo, íons fitotóxicos, compostos inorgânicos e compostos orgânicos

A quantidade de água e a concentração dos elementos em sua composição interferem diretamente no sistema de irrigação, no solo e na planta, ou seja, há intervalos quantitativos e qualitativos que são favoráveis à produção

agrícola sustentável. Esses limites podem ser observados em Ayers e Westcot (1999), Almeida (2010), Bernardo et al. (2019), entre outros. A partir do momento em que se conhecem os elementos em falta ou em excesso, pode-se adotar um tratamento específico. O uso contínuo da água para irrigação contendo parâmetros fora dos valores recomendados e/ou sem os devidos tratamentos pode ocasionar interferências, tais como as apresentadas na Tabela 5.

O manejo adequado da irrigação aliado às práticas conservacionistas e a tratamentos específicos a partir da captação minimizam riscos relacionados à qualidade da água, tais como: salinização, sodificação, redução da infiltração de água no solo, desequilíbrio nutricional e fitotoxicidade, doenças em humanos e animais, contaminação de águas superficiais e subterrâneas, entupimento de sistemas de irrigação.

**Tabela 5.** Interferências de componentes da água utilizada na irrigação.

Parâmetro	Valores normais para irrigação	Unidade	Solo	Planta	Ser humano	Recursos hídricos	Sistema de irrigação	Interferência da qualidade da água para valores não indicados à irrigação
Matéria orgânica		%					X	Entupimento de sistemas de irrigação localizada quando MO elevada
Temperatura (T)		°C					X	Aumento de solubilidade de sais em fertirrigação com o aumento da T (°C)
Acidez ou alcalinidade (pH) <sup>(1)(2)</sup>	6–8,0	-					X	Entupimentos em pH > 8,3, corrosão quando muito ácido
Condutividade elétrica (CE <sub>a</sub> ) <sup>(1)</sup>	0–3	dS/m	X	X				Salinização
Relação de Adsorção de Sódio (RAS) <sup>(1)</sup>	0–15	(mmol/L) <sup>1/2</sup>	X					Sodificação associada à baixa CE <sub>a</sub> e redução da infiltração da água
Oxigênio dissolvido (OD)		%				X	X	Oxidação de ferro e manganês e consequente precipitação e autodepuração quando OD elevado
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO <sub>5,20</sub> )							X	Entupimento com biofilmes bacterianos, quando DBO elevada
Turbidez <sub>(indicador)</sub>	>40	UNT					X	Entupimento de sistemas de irrigação quando turbidez muito elevada
Sólidos totais		mg/L					X	Entupimento de sistemas de irrigação localizada
Sólidos solúveis (dissolvidos) <sup>(2)</sup>	< 500	mg/L					X	Entupimento de sistemas de irrigação localizada
Sólidos em suspensão <sup>(2)*</sup>	< 50	mg/L		X			X	Entupimento de sistemas de irrigação localizada, corrosão
Ácido sulfídrico <sup>(2)</sup>	< 0,5	mg/L					X	Entupimento de sistemas de irrigação localizada por biofilme bacteriano
Cálcio (Ca <sup>++</sup> ) <sup>(1)</sup>	0–20	meq/L		X			X	Entupimento por carbonato de cálcio ou sulfato de cálcio precipitados. Excesso de cálcio existe em águas duras. Fitotoxidez.

Continua...

Tabela 5. Continuação.

Parâmetro	Valores normais para irrigação	Unidade	Solo	Planta	Ser humano	Recursos hídricos	Sistema de irrigação	Interferência da qualidade da água para valores não indicados à irrigação
Magnésio (Mg <sup>++</sup> ) <sup>(1)</sup>	0-5	meq/L					X	Entupimento por carbonato de magnésio precipitado. Excesso de magnésio existe em águas duras
Sódio (Na <sup>+</sup> ) <sup>(1)</sup>	0-40	meq/L	X					Dispersão de argila, redução da infiltração
Carbonatos (CO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (relacionado à dureza) <sup>(1)</sup>	0-0,1	meq/L					X	Entupimento de sistemas de irrigação, formação de incrustação
Bicarbonatos (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (relacionado à dureza) <sup>(1)</sup>	0-8,5	meq/L					X	Entupimento de sistemas de irrigação, formação de incrustação
Cloreto (Cl <sup>-</sup> ) <sup>(1)</sup>	0-30	meq/L					X	Corrosão em sistemas de irrigação
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ) <sup>(1)</sup>	0-20	meq/L					X	Entupimento por precipitados; entupimento por bactérias redutoras de sulfato
Nitrato-Nitrogênio (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N) <sup>(1)</sup>	0-10	mg/L				X		Contaminação de água subterrânea
Amônio-Nitrogênio (NH <sub>4</sub> <sup>-</sup> -N) <sup>(1)</sup>	0-5	mg/L		X		X		Desequilíbrio nutricional, contaminação de recursos hídricos
Fosfato (PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ) <sup>(1)</sup>	0-2	mg/L				X		Contaminação de águas superficiais, eutrofização
Potássio (K <sup>+</sup> ) <sup>(1)</sup>	0-2	mg/L						
Boro (B) <sup>(1)</sup>	0-2	mg/L		X				Fitotoxidez
Alumínio <sup>(3)</sup>	< 5	mg/L	X					Solos ácidos em improdutivos
Arsênio <sup>(3)</sup>	< 0,05	mg/L		X				Fitotoxidez
Berílio <sup>(3)</sup>	< 0,05	mg/L		X				Fitotoxidez
Cádmio <sup>(3)</sup>	< 0,01	mg/L		X	X			Fitotoxidez; risco à saúde
Cobalto <sup>(3)</sup>	< 0,05	mg/L		X				Fitotoxidez
Cromo <sup>(3)</sup>	< 0,1	mg/L		X				Fitotoxidez
Cobre <sup>(3)</sup>	< 0,2	mg/L		X				Fitotoxidez

Continua...

Tabela 7. Continuação.

Parâmetro	Valores normais para irrigação	Unidade	Solo	Planta	Ser humano	Recursos hídricos	Sistema de irrigação	Interferência da qualidade da água para valores não indicados à irrigação
Flúor <sup>(3)</sup>	< 1	mg/L		X				Fitotoxidez
Ferro <sup>(2),(3)</sup>	< 0,1	mg/L		X		X		>5 mg/L ocorre fitotoxidez em certas culturas; entupimento de sistemas de irrigação localizada
Lítio <sup>(3)</sup>	< 2,5	mg/L		X				Fitotoxidez
Manganês <sup>(2),(3)</sup>	< 0,1	mg/L		X		X		Fitotoxidez em solos ácidos; entupimento de sistemas de irrigação localizada
Molibdênio <sup>(3)</sup>	< 0,01	mg/L		X				Fitotoxidez
Níquel <sup>(3)</sup>	< 0,2	mg/L		X				Fitotoxidez
Chumbo <sup>(3)</sup>	< 5	mg/L		X				Fitotoxidez
Selênio <sup>(3)</sup>	< 0,02	mg/L		X				Fitotoxidez
Vanádio <sup>(3)</sup>	< 0,1	mg/L		X				Fitotoxidez
Zinco <sup>(3)</sup>	< 2	mg/L		X				Fitotoxidez
Populações bacterianas	< 10.000	nº máx./mL			X		X	Risco a saúde; entupimento de sistemas de irrigação localizada por filamentos bacterianos
Algas	Excesso						X	Entupimento de sistemas de irrigação localizada
Mucilagem (limo)	Presença						X	Entupimento de sistemas de irrigação localizada
Coliforme total	Presença				X			Risco à saúde
Coliforme fecal	Presença				X			Risco à saúde

\* Areia, silte, argila, insetos, matéria orgânica morta (dejetos animais e vegetais) e matéria orgânica viva (bactéria, vírus, protozoários e outros).

<sup>(1)</sup> Ayers e Westcot (1999); <sup>(2)</sup> Nakayama (1982) citado por Ayers e Westcot (1972) e Pratt (1972) citados por Ayers e Westcot (1999).

## Considerações finais

A perspectiva atual de crescimento do uso da água na agricultura e da existência de diferenças climáticas na distribuição anual da pluviosidade, que influenciam vazantes expressivas do escoamento superficial em grande parte da Amazônia Ocidental, requer a adoção de medidas agronômicas e de gestão às propriedades rurais e às bacias hidrográficas eficientes para a manutenção da umidade no solo, qualidade de águas superficiais e subterrâneas e conservação das áreas de preservação permanente e reserva legal.

O desenvolvimento agrícola sustentável requer medidas estratégicas para reduzir potenciais fragilidades onde ocorrem baixas disponibilidades de água locais, atual e futura, mesmo que sazonalmente.

Os estados do Acre, Amazonas, Rondônia e Roraima têm avançado quanto à implantação dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos, estruturação e funcionamento de comitês de bacia hidrográfica. Contudo, ainda são necessários avanços expressivos pró-sustentabilidade da atividade agrícola e conservação ambiental.

## Referências

ABREU, F. de A. M. de; CAVALCANTE, I. N.; MATTA, M. A. da S. O sistema aquífero Grande Amazônia – SAGA: um imenso potencial de água subterrânea no Brasil. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE MEIO AMBIENTE SUBTERRÂNEO, 3., 2013, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABAS, 2013. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/27831/18054>. Acesso em: 10 jan. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. Brasília, DF: ANA, 2017. 86 p. Disponível em: <https://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/AtlasIrrigacao-UsodaAguanaAgricaturalIrigada.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Base Hidrográfica Ottocodificada Multiescalas 2013**. Brasília, DF: Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos, 2013a.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2019: informe anual**. Brasília, DF: ANA, 2019a. Disponível em: [http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjuntura\\_informe\\_anual\\_2019-versao\\_web-0212-1.pdf](http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjuntura_informe_anual_2019-versao_web-0212-1.pdf). Acesso em: 4 mar. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Portal HidroWeb**. Brasília, DF: ANA, 2020a. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>. Acesso em: 4 mar. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Programa de Consolidação do Pacto Nacional pela Gestão das Águas - PROGESTÃO**. Brasília, DF: ANA, 2020b. Disponível em: <http://progestao.ana.gov.br>. Acesso em: 4 mar. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Programa de Estímulo à Divulgação de Dados de Qualidade de Água - QUALIÁGUA**. Brasília, DF: ANA, 2019b. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/Qualiagua.aspx>. Acesso em: 12 dez. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas - PNQA**. Brasília, DF: ANA, 2019c. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/pnqa.aspx>. Acesso em: 12 dez. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Regulação: poços e águas subterrâneas**. Brasília, DF: ANA, 2020c. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/regulacao/saiba-quem-regula/aguas-subterraneas>. Acesso em: 6 mar. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Resolução nº 903, de 22 de julho de 2013**. Cria a Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais - RNQA e estabelece suas diretrizes. Brasília, DF, 22 jul. 2013b. Disponível em: <https://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2013/903-2013.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Sub-bacias hidrográficas DNAEE**. Brasília, DF: ANA, 2018. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/8b4d4fbd-8622-4116-8991-0a0530c02690>. Acesso em: 6 jan. 2021.

ALMEIDA, O. A. de. **Qualidade da água de irrigação**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. 234 p. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/26783/1/livro-qualidade-agua.pdf>. Acesso em: 8 nov. 2020.

AMAZONAS. **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Amazonas é aprovado por Conselho Estadual**. Manaus, 21 fev. 2020. Disponível em: <http://www.amazonas.am.gov.br/2020/02/plano-estadual-de-recursos-hidricos-do-amazonas-e-aprovado-por-conselho-estadual>. Acesso em: 10 mar. 2020.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153 p.

BERNARDO, S.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, D. D. da; SOARES, A. A. **Manual de irrigação**. 9. ed. Viçosa, MG: UFV, 2019.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, DF, 8 jan. 1997. Disponível

em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm). Acesso em: 8 nov. 2020.

CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS (AM). **Resolução CERH-AM nº 01, de 19 de julho de 2016**. Estabelece critérios técnicos a serem utilizados pelo Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas - IPAAM para o processo de análise de pedido de outorga do direito de uso de recursos hídricos de domínio do Estado do Amazonas. Manaus, 19 jul. 2016a. Disponível em: <http://meioambiente.am.gov.br/wp-content/uploads/2016/08/Resolu%C3%A7%C3%A3o-N%C2%BA01-de-Outorga-de-19-06-16.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2021.

CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS (AM). **Resolução CERH-AM nº 02, de 19 de julho de 2016**. Estabelece critérios e classifica os usos insignificantes de derivação, captação, acúmulo e lançamento de recursos hídricos de domínio do Estado do Amazonas, que são dispensados de outorga. Manaus, 19 jul. 2016b. Disponível em: <http://meioambiente.am.gov.br/wp-content/uploads/2016/08/Resolu%C3%A7%C3%A3o-N%C2%BA02-de-Outorga-de-19-07-19.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2021.

CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS (RO). **Resolução CRH/RO nº 04, de 18 de março de 2014**. Dispõe sobre critérios para definição de derivações, captações, lançamentos de efluentes, acumulações e outras interferências em corpos de água de domínio do Estado de Rondônia que independem de outorga, que não estão sujeitos à outorga. Porto Velho, 18 mar. 2014. Disponível em: <http://data.portal.sistemas.ro.gov.br/2019/02/RESOLU%C3%87%C3%83O-CRHRO-N%C2%BA-04-DE-18-DE-MAR%C3%87O-DE-2014.doc>. Acesso em: 5 jan. 2021.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). **Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, DF, 17 mar. 2005. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/Conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 5 jan. 2021.

FREDDO, V. **Sistema de Informações em Águas Subterrâneas** - SIAGAS. Rio de Janeiro: CPRM, 2019. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/imprensa/pdf/SIAGASCPRM.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2020.

IBGE. **Base Cartográfica Contínua do Brasil - 1:1.000.000**. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: [ftp://geoftp.ibge.gov.br/cartas\\_e\\_mapas/bases\\_cartograficas\\_continuas/bcim/versao2016](ftp://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bcim/versao2016). Acesso em: 6 jan. 2021.

IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistemico-da-producao-agricola.html?edicao=26522&t=resultados>. Acesso em: 10 jan. 2020.

IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistemico-da-producao-agricola.html?=&t=o-que-e>. Acesso em: 17 fev. 2020.

IBGE. **Mapa de clima do Brasil**. Rio de Janeiro, 2002. 1 mapa, color. Escala 1:5.000.000. Disponível em: [http://geoftp.ibge.gov.br/informacoes\\_ambientais/climatologia/mapas/brasil/Map\\_BR\\_clima\\_2002.pdf](http://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/climatologia/mapas/brasil/Map_BR_clima_2002.pdf). Acesso em: 8 nov. 2020.

JUNK, W. J. **Recursos hídricos da região amazônica: utilização e preservação**. *Acta Amazônica*, v. 9, n. 4, p. 37-51, 1979. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-43921979094s037>.

PATERNIANI, J. E. S.; PINTO, J. M. Qualidade da água. In: MIRANDA, J. H. de; PIRES, R. C. de M. (ed.). **Irrigação**. Piracicaba: FUNEP, 2001. p. 195-253.

PITA, R. C. dos S.; SILVA JÚNIOR, G. C. da; ROSÁRIO, F. F. do; SILVA, M. L. da. Sistema aquífero Alter do Chão a oeste da cidade de Manaus (AM): processos hidrogeoquímicos, origem da salinidade e relações com aquíferos adjacentes. *Geologia USP, Série Científica*, v. 18, n. 1, p. 273-296, 2018. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9095.v18-134253>.

PRADO, R. B.; TAVARES, S. R. de L.; BEZERRA, F. B.; RIOS, L. da C.; ESCALEIRA, V. **Manual técnico de coleta, acondicionamento, preservação e análises laboratoriais de amostras de água para fins agrícolas e ambientais**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. 97 p. (Embrapa Solos. Documentos, 65). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/88633/1/doc65-2004-manual-coleta-agua.pdf>. Acesso em: 8 nov. 2020.

RONDÔNIA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental. **Sistema Estadual de Informações de Recursos Hídricos**. Porto Velho: COREH-Sedam, 2020. Disponível em: <http://coreh.sedam.ro.gov.br/sistema-de-informacoes-de-recursos-hidricos>. Acesso em: 8 mar. 2020.

SILVA, M. do S. R. da; MIRANDA, S. A. F.; SANTANA, G. P. Bacia hidrográfica do Rio Amazonas: condições de suas águas versus Resolução nº 357/Conama/2005. *Scientia Amazonia*, v. 6, n. 2, p. 83-90, 2016. Disponível em: <https://repositorio.inpa.gov.br/bitstream/1/20616/1/artigo-inpa.pdf>. Acesso em: 8 nov. 2020.

SIOLI, H. Alguns resultados e problemas da limnologia amazônica. *Boletim Técnico do Instituto Agrônomo do Norte*, v. 24, p. 3-44, jun. 1951. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/116584/1/Limnologia.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2020.

ZONTA, J. H.; SOFIATTI, V.; COSTA, A. G. F.; SILVA, O. R. R. F. da; BEZERRA, J. R. C.; SILVA, C. A. D. da; BELTRÃO, N. E. de M.; ALVES, I.; FRANCISCO JÚNIOR, A.; CARTAXO, W. V.; RAMOS, E. M.; OLIVEIRA, M. C. de; CUNHA, D. da S.; MOTA, M. O. S. da; SOARES, N. A.; BARBOSA, H. F. **Práticas de conservação de solo e água**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2012. 24 p. (Embrapa Algodão. Circular técnica, 133). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/68394/1/CIRTEC133-tamanho-grafica-2.pdf>. Acesso em: 4 jan. 2020.