

ÁGUA E SANEAMENTO

CONTRIBUIÇÕES DA EMBRAPA

Maria Sonia Lopes da Silva

Alexandre Matthiensen

Luiza Teixeira de Lima Brito

Jorge Enoch Furquim Werneck Lima

Cláudio José Reis de Carvalho

Editores Técnicos





Objetivos de Desenvolvimento Sustentável **6**

ÁGUA E SANEAMENTO

CONTRIBUIÇÕES DA EMBRAPA

Maria Sonia Lopes da Silva

Alexandre Matthiensen

Luiza Teixeira de Lima Brito

Jorge Enoch Furquim Werneck Lima

Cláudio José Reis de Carvalho

Editores Técnicos

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa
Parque Estação Biológica (PqEB)
Av. W3 Norte (Final)
CEP 70770-901 Brasília, DF
Fone: (61) 3448-4433
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Responsável pelo conteúdo
Secretaria de Inteligência e Relações Estratégicas

Coordenação técnica da Coleção ODS
Valeria Sucena Hammes
André Carlos Cau dos Santos

Comitê Local de Publicações

Presidente
Renata Bueno Miranda

Secretaria-executiva
Jeane de Oliveira Dantas

Membros
Alba Chiesse da Silva
Assunta Helena Sicoli
Ivan Sergio Freire de Sousa
Eliane Gonçalves Gomes
Cecília do Prado Pagotto
Claudete Teixeira Moreira
Marita Féres Cardillo
Roseane Pereira Villela
Wylviane Carlos Lima Vidal

Responsável pela edição
Secretaria-Geral

Coordenação editorial
Alexandre de Oliveira Barcellos
Heiloza Dias da Silva
Nilda Maria da Cunha Sette

Supervisão editorial
Wylviane Carlos Lima Vidal

Revisão de texto
Everaldo Correia da Silva Filho
Maria Cristina Ramos Jubé

Normalização bibliográfica
Iara Del Fiacco Rocha
Rejane Maria de Oliveira

Projeto gráfico e capa
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Tratamento das ilustrações
Paula Cristina Rodrigues Franco

1ª edição
E-book (2018)
Publicação digitalizada (2018)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa

Água e saneamento : contribuições da Embrapa / Maria Sonia Lopes da Silva... [et al.], editores técnicos. – Brasília, DF : Embrapa, 2018.

PDF (104 p.) : il. color. (Objetivos de desenvolvimento sustentável / [Valéria Sucena Hammes ; André Carlos Cau dos Santos] ; 6).

ISBN 978-85-7035-781-6

1. Objetivos de desenvolvimento sustentável. 2. Nações Unidas. 3. Políticas públicas. 4. Recursos hídricos. I. Matthiensen, Alexandre. II. Brito, Luiza Teixeira de Lima. III. Lima, Jorge Enoch Furquim Werneck. IV. Carvalho, Cláudio José Reis de. V. Coleção.

CDD 628.1

Autores

Alexandre Matthiensen

Oceanólogo, Ph.D. em Ciências Biológicas, pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Azeneth Eufrausino Schuler

Engenheira florestal, doutora em Ciências/Energia Nuclear na Agricultura, pesquisadora da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ

Carlos Eduardo Pacheco Lima

Engenheiro ambiental, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Hortalícias, Brasília, DF

Carlos Renato Marmo

Engenheiro civil, mestre em Saneamento e Meio Ambiente, analista da Embrapa Instrumentação, Campinas, SP

Daniela Ferraz Bacconi Campeche

Bióloga, doutora em Ciências Biológicas, pesquisadora da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE

Eduardo Cyrino de Oliveira-Filho

Biólogo, doutor em Saúde Pública na área de Toxicologia e Saúde, pesquisador da Embrapa Cerrados, Brasília, DF

Eugenio Ferreira Coelho

Engenheiro agrícola, Ph.D. em Engenharia de Irrigação, pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA

Gherman Garcia Leal de Araújo

Zootecnista, doutor em zootecnia, pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE

Ítalo Moraes Rocha Guedes

Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Hortalícias, Brasília, DF

Jorge Enoch Furquim Werneck Lima

Engenheiro agrícola, doutor em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, pesquisador da Embrapa Cerrados, Brasília, DF

Joyce Maria Guimarães Monteiro

Engenheira-agrônoma, doutora em Planejamento Energético, pesquisadora da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ

Juscimar da Silva

Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Hortalícias, Brasília, DF

Lenita Lima Haber

Bióloga, doutora em Agronomia/Horticultura, analista da Embrapa Hortalícias, Brasília, DF

Luciano Cordoval de Barros

Engenheiro-agrônomo, analista da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

Lucilia Maria Parron

Bióloga, doutora em Ecologia de Ecossistemas, pesquisadora da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Lúcio Alberto Pereira

Ecologista, doutor em Geociências e Meio Ambiente, pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE

Luiz Carlos Guilherme

Zootecnista, doutor em Genética e Bioquímica, pesquisador da Embrapa Meio-Norte, UEP Parnaíba, PI

Luiza Teixeira de Lima Brito

Engenheira agrícola, doutora em Recursos Naturais, pesquisadora da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE

Marcelo Henrique Otenio

Farmacêutico e Bioquímico, doutor em Ciências Biológicas/Microbiologia Aplicada, pesquisador da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

Márcia Divina de Oliveira

Bióloga, doutora em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre, pesquisadora da Embrapa Pantanal, Corumbá, MS

Marcos Brandão Braga

Engenheiro-agrônomo, doutor em Irrigação e Drenagem, pesquisador da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF

Marcos Tavares-Dias

Biólogo, doutor em Aquicultura Continental, pesquisador da Embrapa Amapá, Macapá, AP

Marcus Aurélio Soares Cruz

Engenheiro civil, doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE

Maria Luiza Franceschi Nicodemo

Zootecnista, Ph.D. em Agricultura, pesquisadora da Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP

Maria Sonia Lopes da Silva

Engenheira-agrônoma, doutora em Ciências do Solo, pesquisadora da Embrapa Solos, UEP Recife, PE

Mariana Rodrigues Fontenelle

Bióloga, doutora em Microbiologia do Solo, pesquisadora da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF

Mariana Silveira Guerra Moura e Silva

Bióloga, doutora em Engenharia Agrícola, pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Mônica Matoso Campanha

Engenheira-agrônoma, doutora em Fitotecnia/Produção Vegetal, pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

Paulo Eduardo de Aquino Ribeiro

Químico, doutor em Química, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

Rachel Bardy Prado

Bióloga, doutora em Ciências da Engenharia Ambiental, pesquisadora da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ

Rafael Dantas dos Santos

Médico-veterinário, doutor em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE

Ricardo de Oliveira Figueiredo

Engenheiro-agrônomo, doutor em Biociências e Biotecnologia, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Rômulo Penna Scorza Júnior

Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Ciências Ambientais, pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS

Rosângela Silveira Barbosa

Médica-veterinária, doutora em Produção Animal, pesquisadora da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE

Roselany de Oliveira Corrêa

Bióloga, doutora em Ciência Animal e Paste-gens, pesquisadora da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA

Roseli Freire de Melo

Engenheira-agrônoma, doutora em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisadora da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE

Rubens Bernardes Filho

Físico, doutor em Física/Física-Química, pesquisador da Embrapa Instrumentação, Campinas, SP

Vanessa Romário de Paula

Bacharel em Administração, analista da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

Welson Lima Simões

Engenheiro-agrônomo, doutor em Engenharia Agrícola/Irrigação e Drenagem, pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE

"Nós temos a capacidade de prover água limpa para cada homem, mulher e criança na Terra. O que nos falta é vontade coletiva para realizar isso. O que estamos esperando? Isso é um compromisso que precisamos fazer para o mundo, agora."

Jean-Michel Cousteau

"Apesar de nós percebermos isso como garantido, saneamento é uma medida física que provavelmente fez mais para aumentar a expectativa de vida humana do que qualquer outro tipo de remédio ou cirurgia."

Deepak Chopra

Agradecimentos

Aos parceiros – governo, academia, iniciativa privada, organizações de pesquisa e inovação e sociedade civil –, pela confiança, constante presença e compartilhamento na idealização, no desenvolvimento das pesquisas e na disponibilização de tecnologias agropecuárias não apenas para os produtores, mas para que tenhamos alimento à mesa de todos, saudáveis, nutritivos, em quantidade adequada e produzido de maneira sustentável.

Às famílias agricultoras, pela confiança sempre depositada à Embrapa, bem como pela sessão de suas áreas produtivas para o desenvolvimento de inúmeras pesquisas que muito têm contribuído para o desenvolvimento rural sustentável do Brasil.

A todos que integram o grupo de trabalho – Rede ODS Embrapa, pela confiança em colocar nas nossas mãos o desafio de produzir esta obra, além de todo o apoio dado nas diferentes etapas de produção.

Aos revisores ad hoc, que contribuíram decisivamente para a qualidade do e-book.

Apresentação

A Agenda 2030, lançada pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2015, é poderosa e mobilizadora. Seus 17 objetivos e 169 metas buscam identificar problemas e superar desafios que têm eco em todos os países do mundo. Por serem interdependentes e indivisíveis, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) demonstram com clareza, para quem se debruça sobre eles, o que é a busca por sustentabilidade.

Refletir e agir sobre essa Agenda é uma obrigação e uma oportunidade para a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). A busca incessante por uma agricultura sustentável está no cerne de uma instituição dedicada à pesquisa e à inovação agropecuária. E a agricultura sustentável é um dos temas mais transversais aos 17 objetivos. Esta coleção de e-books, um para cada ODS, ajuda a sociedade a perceber a importância da agricultura e da alimentação para cinco dimensões prioritárias – pessoas, planeta, prosperidade, paz e parcerias –, os chamados 5 Ps da Agenda 2030.

A coleção é parte do esforço para disseminar a Agenda 2030 na Instituição, ao mesmo tempo em que apresenta para a sociedade global algumas contribuições disponibilizadas pela Embrapa e parceiros com potencial para impactar as realidades expressas nos ODS. Conhecimentos, práticas, tecnologias, modelos, processos e serviços que já estão disponíveis podem ser utilizados e replicados em outros contextos a fim de apoiar o alcance das metas e o avanço dos indicadores da Agenda.

O conteúdo apresentado é uma amostra das soluções geradas pela pesquisa agropecuária na visão da Embrapa, embora nada do que tenha sido compilado nestes e-books seja fruto do trabalho de uma só instituição. Todos fazem parte do que está compilado aqui – parceiros nas universidades, nos institutos de pesquisa, nas organizações estaduais de pesquisa agropecuária, nos órgãos de assistência técnica e extensão rural, no Legislativo, no setor produtivo agrícola e industrial, nas agências de fomento à pesquisa, nos órgãos federais, estaduais e municipais.

Esta coleção de e-books é fruto de um trabalho colaborativo em rede, a Rede ODS Embrapa, que envolveu, por um período de 6 meses, cerca de 400 pessoas, entre editores, autores, revisores e grupo de suporte. O objetivo desse trabalho inicial foi demonstrar, na visão da Embrapa, como a pesquisa agropecuária pode contribuir para o cumprimento dos ODS.

É um exemplo de produção coletiva e de um modo de atuação que deve se tornar cada vez mais presente na vida das organizações, nas relações entre público, privado e sociedade civil. Como tal, a obra traz uma diversidade de visões sobre o potencial de contribuições para diferentes objetivos e suas interfaces. A visão não é homogênea, por vezes pode ser conflitante, assim como a visão da sociedade sobre seus problemas e respectivas soluções, riqueza captada e refletida na construção da Agenda 2030.

Estes são apenas os primeiros passos na trajetória resoluta que a Embrapa e as instituições parceiras desenham na direção do futuro que queremos.

Maurício Antônio Lopes
Presidente da Embrapa

Prefácio

Em setembro de 2015, a Organização das Nações Unidas (ONU) lançou o documento 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Esses objetivos se desdobram em 169 metas, as quais constituíram uma agenda mundial para construção e implementação de políticas públicas que deverão guiar a humanidade até 2030, com foco na melhoria da qualidade de vida da população. Nessa agenda, estão previstas ações, em escala mundial, nas áreas de erradicação da pobreza, segurança alimentar, agricultura, saúde, educação, igualdade de gênero, redução das desigualdades, energia, água e saneamento, padrões sustentáveis de produção e de consumo, mudanças do clima, cidades sustentáveis, proteção e uso sustentável dos oceanos e dos ecossistemas terrestres, crescimento econômico inclusivo, infraestrutura, industrialização, entre outros. Os 17 ODS foram elaborados em um processo de negociação participativa em âmbito mundial, que teve início em 2013 e que contou com a participação do Brasil em suas discussões e definições a respeito dos fundamentos e diretrizes presentes na agenda.

Neste e-book, a Embrapa expõe suas interfaces e sinergias com o ODS 6 (Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos) e suas respectivas metas, mostrando o alinhamento desse ODS com 3 dos seus 5 eixos de impacto e com 4 dos 12 objetivos estratégicos, expressos no seu VI Plano Diretor, conforme detalhado no [Capítulo 2](#).

O ODS 6 chama a atenção das autoridades globais a respeito da necessidade do acesso à água potável e ao saneamento pelas populações de todo o mundo. Para que esse objetivo seja cumprido, há um conjunto de metas a considerar, entre as quais se destacam a melhoria da qualidade da água ofertada, o aumento da eficiência no uso desse recurso em todos os setores (incluindo o seu uso sustentável) e, ainda, a proteção ou restauração dos ecossistemas.

A partir do alinhamento da sua agenda de trabalho com compromisso internacional com o ODS 6, a Embrapa selecionou 6 das 8 metas estabelecidas pela ONU para o referido objetivo, com as quais pode contribuir efetivamente para o alcance nos prazos estabelecidos, por meio de pesquisas, soluções tecnológicas e apoio na definição e implementação de políticas, programas e ações desenvolvidas ou em desenvolvimento e também futuros estudos. As metas selecionadas foram: 6.3 – até 2030, melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição, eliminando despejo e minimizando a liberação de produtos químicos e materiais perigosos, reduzindo à metade a proporção de águas residuais não tratadas e aumentando substancialmente a reciclagem e reutilização segura global; 6.4 – até 2030, aumentar substancialmente a eficiência do uso da água em todos os setores e assegurar retiradas sustentáveis e o abastecimento de água doce para enfrentar a possível escassez,

e reduzir substancialmente o número de pessoas que sofrem com a falta de água; 6.5 – até 2030, implementar a gestão integrada dos recursos hídricos em todos os níveis, inclusive via cooperação transfronteiriça, quando apropriado; 6.6 – até 2020, proteger e restaurar ecossistemas relacionados com a água, incluindo montanhas, florestas, zonas úmidas, rios, aquíferos e lagos; 6.a – até 2030, ampliar a cooperação internacional e o apoio à capacitação para os países em desenvolvimento em atividades e programas relacionados à água e ao saneamento, incluindo a coleta de água, a dessalinização, a eficiência no uso da água, o tratamento de efluentes, a reciclagem e as tecnologias de reuso; 6.b – apoiar e fortalecer a participação das comunidades locais, para melhorar a gestão da água e do saneamento¹.

A partir dessas metas foram elaborados nove capítulos versando sobre os diferentes temas que abrangem as metas selecionadas. No [Capítulo 1](#), faz-se uma contextualização apresentando a relação do ODS 6 com o mundo, com o Brasil e com a Embrapa, enfatizando a importância do manejo sustentável da água e do saneamento e da governança da água no Brasil. O [Capítulo 2](#) faz uma síntese das contribuições da Embrapa para o ODS 6, por meio de suas soluções tecnológicas, da atuação em programas de políticas do governo federal e das inúmeras experiências com as famílias e os parceiros da sociedade civil, além da sua expressiva colaboração com os programas de universalização do acesso e uso da água. Nos capítulos [3, 4, 5](#) e [6](#), é abordado o tema água no âmbito da qualidade, da escassez, do uso eficiente, da gestão dos recursos hídricos e da conservação dos ecossistemas hídricos. No [Capítulo 7](#), são apresentadas as ações, desenvolvidas pela Embrapa, de cooperação técnica e capacitação de agricultores, técnicos e formuladores de políticas públicas, sobre a racionalização, o aproveitamento e a gestão integrada do uso dos solos e dos recursos hídricos. A gestão da água e do saneamento nas comunidades locais é o foco do [Capítulo 8](#). E, fechando o e-book, o [Capítulo 9](#) mostra as perspectivas e os desafios que serão enfrentados para que se possa garantir água e saneamento de qualidade para todos até 2030.

Inúmeras soluções tecnológicas foram geradas e/ou adaptadas pela Embrapa no tema água e saneamento, ao longo dos seus 45 anos de história. Neste e-book, estão compiladas algumas dessas soluções tecnológicas, de forma a organizar um painel das principais tecnologias que trataram das seis metas selecionadas, dando conhecimento à sociedade da visão sistêmica e estratégica da Empresa em relação ao tema água e saneamento no meio rural. Assim, este e-book apresenta exemplos de como a Embrapa pode contribuir para o cumprimento das metas do ODS 6 assumidas pelo Brasil.

Editores Técnicos

¹ Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/ods6/>>.

Sumário

Capítulo 1

- 15 ODS 6 e sua relação com o mundo,
o Brasil e a Embrapa**

Capítulo 2

- 23 Visão geral das contribuições da Embrapa**

Capítulo 3

- 29 Qualidade da água e redução da poluição**

Capítulo 4

- 37 Eficiência do uso e o abastecimento
de água na produção agropecuária**

Capítulo 5

- 51 Gestão integrada de recursos hídricos**

Capítulo 6

- 61 Conservação de ecossistemas
e provisão de água**

Capítulo 7

- 75 Cooperação técnica e capacitação
para países em desenvolvimento**

Capítulo 8

- 83 Gestão da água e saneamento
em comunidades rurais**

Capítulo 9

- 99 Avanços e desafios futuros**

Capítulo 1

ODS 6 e sua relação com o mundo, o Brasil e a Embrapa

Rachel Bardy Prado
Lucília Maria Parron
Mônica Matoso Campanha
Maria Sonia Lopes da Silva
Alexandre Matthiensen
Jorge Enoch Furquim Werneck Lima

Contexto global

As questões hídricas mundiais têm sido motivo de preocupação e discussão nos diferentes níveis da sociedade. A Organização das Nações Unidas (ONU) estima que a demanda de água mundial deva aumentar em 50% até 2030. Dois terços da população mundial atualmente vivem em áreas que passam por restrição de água por, pelo menos, um mês ao ano. Cerca de 500 milhões de pessoas vivem em áreas onde o consumo de água excede a disponibilidade dos recursos hídricos que, por sua vez, está intrinsecamente ligada à qualidade, já que a poluição das fontes de água pode coibir diferentes tipos de usos. O aumento do despejo de esgoto não tratado, o escoamento dos resíduos agrícolas e as águas residuais inadequadamente tratadas da indústria representam riscos de degradação da qualidade da água em todo o mundo (Progress..., 2017).

Água limpa e de qualidade é essencial para a saúde humana, bem-estar e prosperidade. O acesso à água em quantidade suficiente é uma necessidade básica do ser humano, tanto para o seu consumo próprio quanto para o desenvolvimento de suas atividades econômicas, culturais, de lazer e outras. Porém, a qualidade da água pode ser comprometida pelo crescimento populacional e consequente aumento da demanda por este recurso e pela geração de resíduos no desenvolvimento de tais atividades antrópicas, o que tende a se agravar frente à possível alteração climática, que ameaça o ciclo hidrológico global (Nações Unidas, 2017).

O acesso a instalações de saneamento adequadas e seguras também é vital para a higiene, a prevenção de doenças e a saúde humana. Segundo relatório recente divulgado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e pelo Fundo das Nações Unidas para a Infância (Unicef) (Progress..., 2017), o número de pessoas no mundo sem acesso à água potável em casa é de 2,1 bilhões, cerca de 4,5 bilhões não têm

acesso a saneamento básico seguro, e cerca de 892 milhões de pessoas defecam a céu aberto. Em razão do aumento da população, essa situação tem se tornado mais crítica na África Subsaariana e partes do Sudeste Asiático. Em países que passam por conflitos, as crianças têm quatro vezes menos chances de usar serviços de abastecimento de água e duas vezes menos de ter o saneamento básico, comparativamente a crianças de outros países. Carências em necessidades básicas, como água limpa, higiene e saneamento em condições adequadas, aumentam a incidência de doenças diarreicas agudas (DDAs). Segundo a [OMS](#) (Progress..., 2017), em torno de 88% das mortes por DDAs no mundo é causada pela falta de tratamento de água, saneamento e higiene. Um panorama mundial relacionado a tais fatores-chave, no ano de 2015, pela OMS (Progress..., 2017), é sintetizado nos seguintes números:

- 6,5 bilhões de pessoas (98% da população) têm acesso a, pelo menos, uma fonte de água a 30 minutos do ponto de coleta.
- 844 milhões de pessoas não têm acesso à água para consumo.
- 263 milhões de pessoas gastam mais de 30 minutos de deslocamento para coletar água de uma fonte.
- 159 milhões de pessoas ainda coletam água para consumo diretamente de fontes superficiais sem tratamento, sendo que 58% delas vivem na África Subsaariana.
- 1,2 bilhão de pessoas (duas em cada cinco) que usam serviços sanitários gerenciados com segurança vivem em áreas rurais.
- 1,9 bilhão de pessoas (27% da população) usam serviços sanitários privativos conectados a redes de esgoto que é levado a tratamento.
- Os dados atuais disponíveis são insuficientes para se estimar globalmente a proporção da população que usa fossa séptica e latrinas, nas quais as excretas são esvaziadas e tratadas em outro local.
- 2,3 bilhões de pessoas ainda carecem de serviços de saneamento básico.
- 892 milhões de pessoas ainda praticam defecação a céu aberto.

Segundo estudo do Banco Mundial (Nações Unidas, 2016), o Brasil, a Colômbia e o Peru estão entre os dez países do mundo com maior quantidade de água doce disponível em seus territórios, sendo a América Latina o continente que detém a maior quantidade desse recurso. Apesar disso, 106 milhões de latino-americanos ainda não dispõem de banheiro em casa, e 34 milhões não têm acesso perma-

nente à água potável. Essa disparidade pode ser explicada, em parte, pelo fato de as regiões com maior disponibilidade de água não serem necessariamente as áreas com maior concentração populacional, como é o caso da região amazônica, por exemplo. Entretanto, como em outras partes do mundo, também existem extensas áreas áridas e semiáridas na América Latina, regiões com disponibilidade hídrica, muitas vezes, menor do que aquela necessária para o atendimento adequado da população presente nesses ambientes. Essas situações, agravadas por questões sociais, culturais e de gestão, impõem à comunidade global desafios de levar água, em quantidade e qualidade adequada, para todos. Esse é o grande objetivo preconizado e declarado pelo Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6 (ODS 6).

Contexto nacional

De uma forma geral, o Brasil possui uma grande oferta hídrica. Porém, ao mesmo tempo, também apresenta uma diferença significativa entre suas regiões no que diz respeito à oferta e à demanda de água. Isso resulta em situações de bacias hidrográficas com escassez e estresse hídrico onde há baixa disponibilidade e grande demanda dos recursos hídricos, e locais onde há abundância de água pela grande disponibilidade, porém baixa demanda. Desde o início da década de 1990, o setor de recursos hídricos no Brasil tem se organizado por meio da aprovação de legislações sobre recursos hídricos (Lei nº 9.433/97 e leis estaduais) e da implantação de sistemas integrados de gerenciamento. De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (Snis) (Brasil, 2014), do Ministério das Cidades, 83,3% da população brasileira tem acesso à água tratada para consumo. Isso significa que ainda há cerca de 35 milhões de brasileiros sem o acesso a esse serviço básico. Questões sociais, a própria estrutura das cidades que em sua maioria crescem sem o devido planejamento, as dimensões e desigualdades ambientais e sociais do País representam desafios a serem superados. A questão do abastecimento em áreas rurais se insere nesse rol de dificuldades dessa meta de atingir a universalização dos serviços de abastecimento de água e saneamento para todos.

Ainda em relação ao abastecimento de água no Brasil, é importante destacar que os conflitos pelo uso da água têm se intensificado em diferentes bacias hidrográficas do País, em parte, motivados por variações no regime de chuvas e, por consequência, na diminuição das vazões normalmente observadas em determinadas regiões, mas também decorrente de um planejamento territorial e dos recursos hídricos que, apenas nos últimos anos, vem sendo efetuado de maneira mais adequada.

Diante desse cenário, destaca-se a importância do uso racional da água para a agricultura irrigada, que responde por cerca de 70% de água que é consumida no Brasil (Agência Nacional de Águas, 2017). Cabe destacar que apenas uma pequena parcela dessa água consumida para a produção de alimento compete de forma efetiva e representa potencial conflito com outros setores. Essa análise deve ser efetuada por bacia hidrográfica, caso a caso, e não por meio de médias globais. Todavia, em ambientes urbanos, é importante também destacar a necessidade de melhoria dos sistemas de distribuição de água tratada, que apresentam, em média, perdas na ordem de 37% de uma água que já tem em si um custo associado ao tratamento, valor considerado muito alto e que acaba sendo pago pela sociedade sem o seu usufruto.

Nos relatórios oficiais sobre a conjuntura da situação hídrica nacional (Agência Nacional de Águas, 2017), os dados de qualidade de água normalmente são apresentados como índices ambientais. Os índices de qualidade da água sistematizam um grande número de variáveis, classificando corpos hídricos em faixas de qualidade. Ou seja, são números que possibilitam a atribuição de um valor qualitativo ao ambiente. Eles traduzem um grande número de informações complexas em parâmetros mais simples de interpretar e, portanto, servem como ferramenta em processos decisórios de políticas públicas. Dessa forma, possibilitam aos órgãos responsáveis pela gestão da água a identificação das áreas prioritárias de ação que mereçam alguma forma de intervenção e controle mais imediata.

Os parâmetros de qualidade de água analisados refletem o estresse ambiental em função da ocupação humana e das atividades praticadas na bacia. Em relação à qualidade da água, existe uma diferenciação das fontes poluidoras no meio urbano e rural. No meio urbano, onde a densidade populacional é mais elevada, há predomínio das fontes poluidoras relacionadas aos esgotos domésticos e efluentes de drenagem urbana. No meio rural, as cargas difusas, principalmente associadas às atividades agropecuárias, representam a principal fonte de poluição.

No Brasil, a Lei do Saneamento Básico, Lei nº 11.445/07 (Brasil, 2007), que estabelece as diretrizes para o saneamento básico em todo o País e abrange os serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo de águas pluviais urbanas) já completa 10 anos. Apesar do setor de água e saneamento vir passando por melhorias nas últimas décadas, apresentando avanços significativos, cerca de 35 milhões de habitantes ainda não possuem acesso à água tratada, e metade da população – cerca de 100 milhões – não tem coleta de esgotos. Ainda, apenas 40% dos esgotos coletados são tratados, os outros 60% são lançados sem tratamentos nos corpos hídricos (Rios; Sales, 2004). Segundo dados do [Snis](#) (Brasil, 2014), na região Norte,

onde a situação é menos favorável, apenas 16,4% do esgoto é tratado, e o índice de atendimento total é de 8,7%. No Nordeste, apenas 32,1% do esgoto é tratado. No Sudeste, 47,4% do esgoto é tratado, e o índice de atendimento total de esgoto é de 77,2%. No Sul, 41,4% do esgoto é tratado, e o índice de atendimento total é de 41,0%. Por fim, no Centro-Oeste, 50,2% do esgoto é tratado, sendo a região com melhor desempenho, porém, a média de esgoto tratado não atinge nem a metade da população. Há uma grande disparidade dentro de um mesmo estado, que pode ter cidades com índices de tratamento de esgoto muito elevados e muito baixos, e cidades atendidas por serviços privatizados e outras por serviços públicos. O problema é grave, e, embora a questão do saneamento básico afete a todos, os maiores prejudicados e que sofrem o maior impacto são as famílias de baixa renda, muitas residentes em áreas irregulares e rurais.

O sistema de gestão de recursos hídricos conta com vários instrumentos: outorga de direito de uso, sistema de informações, enquadramento dos corpos d'água em classes de uso, cobrança pelo uso da água e planos de bacia hidrográfica. De modo geral, a implementação desses instrumentos é mais difícil e lenta em áreas rurais. Por exemplo, as informações relativas à irrigação e dessedentação de animais, em termos de demanda, e seus impactos sobre a qualidade da água, são as mais fragmentadas e precárias dos sistemas de informação; os usos da água no meio rural são os menos regularizados por meio da outorga de direitos de uso; os planos de recursos hídricos ainda são tímidos para assegurar a proteção dos mananciais; e a cobrança pelo uso da água ainda enfrenta resistência, especialmente em vista de preocupações com potenciais impactos econômicos e disponibilidade a pagar, com a competitividade e com incertezas sobre os benefícios gerados pela aplicação dos recursos da cobrança na bacia (Agência Nacional de Águas, 2017).

Instrumentos econômicos envolvendo o pagamento por serviços ambientais (PSA), um caminho promissor para a proteção de mananciais, estão sendo adotados pelos comitês de bacias e órgãos gestores de recursos hídricos, a exemplo do programa Produtor de Água da Agência Nacional de Águas (ANA) (Santos et al., 2010) e de outras iniciativas semelhantes em todo o País. Os potenciais benefícios incluem redução da poluição difusa, de assoreamentos e dos custos de tratamento de água, dentre outros. A implementação da cobrança no País, como instrumento econômico e financeiro de gestão, visa prevenir e responder a situações de conflito pelo uso da água e de poluição, contribuindo para a segurança hídrica, e, consequentemente, favorecendo o crescimento econômico e o bem-estar social (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico, 2017).

É preciso, contudo, avançar na governança da água no Brasil, o que passa por decisões políticas, maiores investimentos, mobilização e participação da sociedade, eficiência na gestão, mas também pelo desenvolvimento de soluções de pesquisa para otimização de recursos financeiros e humanos, pela redução das perdas e reuso da água, por tratamento e disposição de efluentes e métodos eficazes para a conservação agroambiental, que refletem diretamente nos recursos hídricos.

ODS 6 no âmbito da Embrapa

A Embrapa, como órgão oficial de pesquisa, desenvolvimento e inovação, do governo federal, muito tem contribuído com suas soluções tecnológicas para o avanço da governança da água no Brasil. Um avanço importante é entender a água não mais como um recurso ilimitado. Nesse sentido, a política ambiental mais eficiente é aquela que cria as condições para que os agentes econômicos internalizem os custos da degradação que eles causam (Romeiro, 2012). A ação do Estado para corrigir essa falha do mercado consiste em atribuir ao uso da água, nas atividades agropecuárias e industriais, valores comparáveis àqueles atribuídos aos demais insumos econômicos produzidos e transacionados no mercado.

Em setembro de 2015, as Nações Unidas (2015) definiram os [17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável \(ODS\)](#) como parte de uma nova agenda que deve finalizar o trabalho dos [Objetivos de Desenvolvimento do Milênio \(ODMs\)](#), estabelecidos no ano 2000. A Embrapa tem papel importante no cumprimento dessa nova agenda por meio de conhecimentos e tecnologias gerados que estão proporcionando o aumento da eficiência do uso dos recursos hídricos no meio rural.

Como alimentação e agricultura têm relação com praticamente todas as [metas do ODS 6](#), a Embrapa alinhou sua atuação ao compromisso brasileiro com o referido ODS, a fim de contribuir com um tema tão transversal como é a água e, assim, participar efetivamente com suas pesquisas e soluções tecnológicas para “assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para [todas e] todos” (Nações Unidas, 2015) no Brasil, colaborando com alternativas que poderão também ser adotadas em outros países.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos. **Conjuntura dos recursos hídricos**. Brasília, DF, [2017]. Disponível em: <<http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos>>. Acesso em: 10 dez. 2017.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 8 jan. 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em: 10 dez. 2017.

BRASIL. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento**: diagnóstico dos serviços de água e esgotos - 2012. Brasília, DF, 2014. 47 p.

NAÇÕES UNIDAS. **A ONU e a água**. [Rio de Janeiro]: ONU, 2017. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acao/agua/>>. Acesso em: 10 dez. 2017.

NAÇÕES UNIDAS. **Banco Mundial**: América Latina tem água em abundância, mas falta saneamento. 5 out. 2016. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/banco-mundial-america-latina-tem-agua-em-abundancia-mas-falta-saneamento/>>. Acesso em: 12 dez. 2017.

NAÇÕES UNIDAS. **Conheça os novos 17 objetivos de desenvolvimento sustentável da ONU**. 25 set. 2015. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/conheca-os-novos-17-objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-da-onu/>>. Acesso em: 10 dez. 2017.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. **Water charges in Brazil**: the ways forward. Paris, 2017. Disponível em: <http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/environment/water-charges-in-brazil_9789264285712-en>. Acesso em: 10 dez. 2017.

PROGRESS on drinking water, sanitation and hygiene: 2017 update and SDG baselines. Geneva: World Health Organization: Unicef, 2017. Disponível em: <https://data.unicef.org/wp-content/uploads/2017/07/JMP-2017-report-launch-version_0.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2017.

RIOS, G. A. P.; SALES, A. V. S. Os serviços de água e esgoto no Estado do Rio de Janeiro: regulação e privatização. **Geographia**, ano 6, n. 12, p. 67-86, 2004.

ROMEIRO, A. R. Desenvolvimento sustentável: uma perspectiva econômico-ecológica. **Estudos Avançados**, v. 26, n. 74, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142012000100006>>. Acesso em: 10 dez. 2017.

SANTOS, D. G.; DOMINGUES, A. F.; GISLER, C. V. T. Gestão de recursos hídricos na agricultura: o programa produtor de água. In: PRADO, R. B.; TURETTA, A. P.; ANDRADE, A. G. (Org.). **Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. p. 353-376.

Capítulo 2

Visão geral das contribuições da Embrapa

Mônica Matoso Campanha

Rachel Bardy Prado

Lucília Maria Parron

Maria Sonia Lopes da Silva

Alexandre Matthiensen

Introdução

Todos no planeta devem ter acesso à água potável e ao saneamento. Esse é o foco estabelecido pelo Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6 (ODS 6), inserido em uma agenda de sustentabilidade para ser adotada pelos países membros da Organização das Nações Unidas (ONU) e ser cumprida até 2030. Nesse objetivo, estão definidas metas como o acesso à agua potável e ao saneamento de forma igualitária; a melhoria da qualidade da água, com redução da poluição, tratamento e reutilização seguros; o aumento da eficiência de uso em todos os setores; a gestão integrada dos recursos hídricos; e a proteção e restauração dos ecossistemas relacionados com a água, fazendo uso tanto da cooperação internacional como da participação de atores locais.

A temática da água e do saneamento é transversal, sendo a água considerada um recurso primordial para o desenvolvimento sustentável, para a promoção do bem-estar das pessoas e comunidades, e para o crescimento da economia dos países. Nesse sentido, dentro do Brasil, o tema vem sendo trabalhado por diferentes órgãos em distintos níveis federativos; e promover a melhor sintonia entre eles é um desafio institucional.

A Embrapa está entre esses órgãos, desenvolvendo pesquisa e disseminando seus resultados relacionados a diversas linhas temáticas alinhadas ao ODS 6. Este capítulo tem como propósito apresentar suas principais pesquisas, bem como ações estratégicas correlatas da Embrapa e seus parceiros que muito têm a contribuir a fim de cumprir as metas do ODS.

Objetivos estratégicos

Ao gerar conhecimentos e ativos tecnológicos para a sustentabilidade da agricultura brasileira, a programação estratégica da Empresa Brasileira de Pesqui-

sa Agropecuária (Embrapa), estabelecida no [VI Plano Diretor da Embrapa \(PDE\)](#) (Embrapa, 2015), apresenta interfaces e sinergias, direta ou indiretamente, com os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e suas metas (Brasil, 2016).

Os eixos de impacto e os objetivos e diretrizes estratégicas do PDE representam os direcionamentos para se chegar às transformações desejadas (Embrapa, 2017b). Dos cinco eixos de impacto (EI) da Embrapa, três têm aderência com o ODS 6, a saber:

- EI 1 – Avanços na busca da sustentabilidade da agropecuária.
- EI 2 – Inserção estratégica e competitiva na bioeconomia.
- EI 3 – Contribuição para políticas públicas.

Dentre os 12 objetivos estratégicos (OE) do PDE, 4 são fortemente alinhados com o ODS 6, que são:

- OE 1 – Desenvolver conhecimentos e tecnologias para o adequado manejo e aproveitamento sustentável dos biomas brasileiros.
- OE 6 – Desenvolver sistemas de produção inovadores capazes de aumentar a produtividade agropecuária, florestal e aquícola, com sustentabilidade.
- OE 11 – Gerar conhecimentos e tecnologias que promovam inovações gerenciais para tratar com eficiência, eficácia e efetividade a crescente complexidade e multifuncionalidade da agricultura.
- OE 12 – Desenvolver e disseminar produtos de informação e estratégias de comunicação que contribuam para a valorização da pesquisa agropecuária e para a ampliação do suporte da sociedade à agricultura brasileira.

Projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação

Os projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação da Embrapa estão organizados em temas estratégicos da agropecuária brasileira cuja gestão conta com sistemas de informações corporativos e instrumentos de apoio gerencial denominados portfólios (23), englobando temas de relevância nacional, e arranjos (84), organizados para fazer frente a desafios prioritários em determinado tema (Embrapa, 2017b). Dentro da programação de pesquisa da Embrapa, os portfólios e arranjos com maior afinidade à temática da água na agricultura são: Agricultura Irrigada, Convivência com a Seca, Mudanças Climáticas (portfólios); Serviços

Ambientais na Paisagem Rural – Arranjo SA e Fortalecimento dos Sistemas Agrícolas Familiares Dependentes de Chuva no Semiárido Brasileiro – Agrichuva (arranjos). Outros diversos têm afinidades com o tema da água, seja pelas tecnologias empregadas nos diferentes sistemas produtivos agropecuários e florestais, como os portfólios Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), Aquicultura, Manejo Racional de Agrotóxicos e Sistema de Produção de Base Ecológica, e como os arranjos Manejo Florestal Sustentável de Uso Múltiplo na Amazônia, Agricultura Familiar sem Queima na Amazônia, Alternativas para a Forração Vegetal Permanente de Superfícies de Solo com Múltiplos Propósitos Funcionais, Recuperação de Pastagens Degradadas na Amazônia, Consolidação do Sistema Plantio Direto na Amazônia; seja pela visão de ecossistemas com que trabalham, como os portfólios Monitoramento da Dinâmica do Uso e Cobertura da Terra no Território Nacional e Recursos Florestais Nativos, e os arranjos Restauração e Adequação Ambiental da Paisagem Rural na Mata Atlântica das Regiões Sul e Sudeste, e Estratégias para Geração de Informação em Solos como Subsídio à Agricultura Brasileira.

Soluções tecnológicas

Os conhecimentos gerados são, em grande parte, traduzidos em produtos, processos e serviços para o setor agropecuário, compondo um vasto rol de soluções tecnológicas. Fazem parte também desse conjunto de soluções tecnológicas as metodologias, as práticas agropecuárias e os sistemas de produção. Além disso, essas informações também contribuem para a formulação e o aprimoramento de políticas públicas em áreas relacionadas à missão da Empresa.

Alinhadas com o ODS 6, a Embrapa possui diversas [Soluções Tecnológicas](#) desenvolvidas ou adaptadas para os diferentes biomas brasileiros, que mostram como usar a água na agricultura com racionalidade e sem desperdício, para a produção vegetal e criação animal (Embrapa, 2017d). Além da produção agropecuária, são disponibilizadas soluções tecnológicas visando à recuperação/manutenção de ecossistemas, melhoria da qualidade da água e da quantidade de água disponíveis.

Dentro da temática do uso da [água na agricultura](#), a Embrapa destaca as tecnologias: manejo da irrigação; monitoramento da disponibilidade hídrica; tecnologias de adequação de propriedades para captação de água das chuvas; recarga de lençóis freáticos e revitalização de mananciais e riachos; além de outras como barragem subterrânea, reuso de água da agricultura e utilização de águas de qualidade inferior (salobra e salina); cisternas rurais, práticas de conservação de solo e água

em sistemas de produção; uso de cultivares adequadas às condições hídricas da região (Embrapa, 2017a).

Entre as soluções tecnológicas relacionadas à quantidade e ao suprimento de água, destacam-se: os lagos de múltiplo uso, que além do armazenamento evitam a contaminação do lençol freático; os diferentes métodos para captação da chuva in situ (sulcamento, aração), cisterna, barraginha, barragem subterrânea, sisteminha, gaiolas flutuantes, entre outras. Para irrigação, envolvem tanto a melhoria dos sistemas de irrigação para diferentes culturas, como tecnologias de equipamentos, sensores, parâmetros de irrigação (evapotranspiração, coeficiente de cultivo, curva de retenção de água no solo) e modelagem para maior eficiência no uso da água, como modelos hidrológicos que simulam a disponibilidade de água; além da possibilidade de fertirrigação e utilização de águas secundárias, como esfluente de piscicultura.

Para práticas de conservação de solo e água, destacam-se aquelas que reduzem a erosão do solo e ajudam no armazenamento de água do solo como construção de barraginhas; plantio direto; manejo de coberturas verdes e coberturas mortas em cultivos agrícolas; barragem subterrânea; utilização de consórcios de culturas e sistemas integrados de produção, como o ILPF, os sistemas agroflorestais e a arborização de pastagens; dimensionamento e construção de terraços; além das boas práticas agropecuárias para diferentes culturas, que visam ao uso racional de insumos e agrotóxicos e cumprimento da legislação para propriedade rural. Apresentam-se também as tecnologias de avaliação de concentração e lixiviação de agrotóxicos no solo; tratamento de águas residuais como águas de lavagem de instalações animais, de tratamento pós-colheita de frutas e de resíduais de mineração; compostagem de resíduos animais e vegetais; construção de barraginhas.

Entre as soluções tecnológicas relacionadas à propriedade, tem-se como destaque: tecnologias para recuperação de áreas degradadas, como a revegetação de voçorocas com espécies leguminosas; implantação e manejo de florestas, tanto naturais como as plantadas. Na parte de saneamento rural, a Embrapa se destaca com tecnologias amplamente difundidas e aplicadas pela Empresa e parceiros, quais sejam: o clorador Embrapa, utilizado para clorar a água para o abastecimento doméstico; a fossa biodigestora, que viabiliza o tratamento do esgoto doméstico (água negra) com produção de fertilizante líquido; e o jardim filtrante, com finalidade de depurar a água cinza, complementando o tratamento de esgotos nas áreas rurais, feito pela fossa séptica biodigestora.

Muitas dessas soluções tecnológicas voltadas ao atendimento do ODS 6 serão descritas nos capítulos subsequentes, apontando sua aplicação atual, potencialidade futura e limitações.

Parcerias e programas de governo

A Embrapa atua na esfera federal com implantação ou ampliação de programas/políticas de governo, destacando-se o Programa Produtor de Águas, da Agência Nacional de Águas (ANA); o programa pagamento do Serviço Florestal Brasileiro, do Ministério do Meio Ambiente (MMA); o Programa de Capacitação para Gestão Integrada e Sustentável da Água no Meio Rural. Nesse sentido, a Empresa apresenta outras tantas soluções tecnológicas que envolvem também metodologias como aquelas para mapeamento e avaliação de indicadores de serviços ambientais, além de manuais para implantação de programas de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) e valoração ambiental; serviços de consultoria; produtos de mapeamento e os zoneamentos agroclimáticos e agroecológicos; softwares para apoio para os manejos de irrigação, como o IrrigaFácil; e diversos cursos de treinamento e capacitação de agentes multiplicadores do conhecimento. Todas essas soluções tecnológicas geram impacto positivo para a sociedade e para o País. Em 2016, foram apurados os impactos econômicos e os ganhos sociais de 117 tecnologias e cerca de 200 cultivares da Embrapa, indicando que cada R\$ 1,00 investido na Empresa retornou R\$ 11,37 para a sociedade brasileira (Embrapa, 2017c).

A Embrapa tem compartilhado muitas experiências com as famílias e os parceiros governamentais e da sociedade civil, de forma a promover a troca de saberes, que muito tem contribuído com os avanços no uso adequado dos recursos naturais, principalmente do solo, com vistas na captação e no armazenamento da água de chuva, visando colaborar com as estratégias socioecológicas das famílias agricultoras de regiões com escassez de água, no enfrentamento das mudanças climáticas. Fato este que tem auxiliado na superação das limitações sociais e ambientais do Semiárido brasileiro, tendo no uso das tecnologias de convivência com o Semiárido a fonte para aperfeiçoar e equilibrar o processo produtivo, promovendo uma maior estabilidade do agroecossistema familiar, consequentemente uma melhoria da qualidade de vida da família.

A Embrapa também tem tido expressiva colaboração com os programas de acesso à água do governo federal, a exemplo do Plano Brasil sem Miséria (PBSM) e do Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Água – Água para Todos. Os dois programas foram concebidos pelo governo federal a partir da ne-

cessidade de se universalizar o acesso e uso de água para populações carentes, residentes em comunidades rurais não atendidas por esse serviço público essencial, atendidas por sistemas de abastecimento deficitários ou, ainda, que recebam abastecimento difuso. Por meio de suas inúmeras soluções tecnológicas, a Embrapa participou de diversas ações voltadas para os usos da água para produção de alimentos, o que tem contribuído para a soberania e segurança alimentar e nutricional, consequentemente para a valorização da cidadania e a qualidade de vida das famílias agricultoras dos sistemas de produção agropecuários de regiões com escassez de água. Outra atuação significativa da Embrapa diz respeito à cooperação técnica visando ao apoio à capacitação para países em desenvolvimento, principalmente em atividades de coleta e estoque da água de chuva.

Referências

- BRASIL. Decreto nº 8.892, de 27 de outubro de 2016. Cria a Comissão Nacional para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. **Diário Oficial da União**, 31 out. 2016. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/decreto/D8892.htm>. Acesso em: 27 nov. 2017.
- EMBRAPA. **Água na agricultura**. 2017a. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agua-na-agricultura>>. Acesso em: 27 nov. 2017.
- EMBRAPA. **Programação de pesquisa**. 2017b. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/pesquisa-e-desenvolvimento/programacao-de-pesquisa>>. Acesso em: 27 nov. 2017.
- EMBRAPA. Secretaria de Comunicação. Secretaria de Gestão e Desenvolvimento Institucional. **Balanço social Embrapa 2016**. Brasília, DF, 2017c. 54 p. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1069833/balanco-social-embrapa-2016>>. Acesso em: 27 jan. 2018.
- EMBRAPA. Secretaria de Gestão e Desenvolvimento Institucional. **VI Plano Diretor da Embrapa: 2014-2034**. Brasília, DF, 2015. 24 p. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/plano-diretor>>. Acesso em: 27 nov. 2017.
- EMBRAPA. **Soluções tecnológicas**. 2017d. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/solucoes-tecnologicas>>. Acesso em: 27 nov. 2017.

Capítulo 3

Qualidade da água e redução da poluição

Maria Luiza Franceschi Nicodemo

Alexandre Matthiensen

Eduardo Cyrino Oliveira-Filho

Lúcio Alberto Pereira

Luiza Teixeira de Lima Brito

Marcelo Henrique Otenio

Márcia Divina de Oliveira

Rômulo Penna Scorza Junior

Introdução

O presente capítulo aborda a contribuição da Embrapa para a meta 6.3, que trata da qualidade da água e redução da poluição. A diminuição da disponibilidade de água de boa qualidade é preocupação mundial e crescente. O monitoramento da qualidade da água, somado à adoção de boas práticas de manejo do solo e da água e ao uso de tecnologias para redução da produção de contaminantes, pode contribuir significativamente para minimizar esse problema e assegurar água de boa qualidade para todos. No presente capítulo, procurou-se elencar resultados de pesquisa que apontam caminhos que poderão ser seguidos. Mais informações estão disponíveis no portal [Soluções Tecnológicas](#) da Embrapa (Embrapa, 2017b).

A situação das águas da maior parte dos rios da América Latina tem se mostrado crítica desde a década de 1990. A poluição orgânica e por patógenos aumentaram mais de 50% entre 1990 e 2010, enquanto a poluição por sólidos dissolvidos totais (salinização) agravou em quase um terço nos rios da América Latina, Ásia e África. A concentração de coliformes fecais aumentou em quase dois terços nos rios da América Latina, África e Ásia entre 1990 e 2010 (A snapshot..., 2016). O lançamento de produtos químicos perigosos, inclusive aqueles que podem causar distúrbios hormonais, aumentou nesse período. O aporte de nutrientes, como fósforo e nitrogênio, promove a eutrofização de rios e lagos, perturbando processos naturais. Esse aumento da poluição foi atribuído ao aumento populacional, ao aumento da atividade econômica, à intensificação e expansão das atividades agropecuárias e ao aumento do despejo de águas residuais com pouco ou nenhum tratamento nos cursos d'água. As consequências negativas têm impacto na saúde, na pesca, nos ecossistemas, no uso da água para irrigação e na indústria, e no custo de tratamento da água, entre outros usos (A snapshot..., 2016).

Ações para a manutenção e recuperação da qualidade da água

Dentre as ações necessárias para a manutenção e recuperação da qualidade da água, destacam-se aquelas relacionadas ao monitoramento e à avaliação da qualidade da água e àquelas associadas a medidas técnicas e de gestão para prevenção da poluição, redução da carga de poluentes, uso integrado de águas em atividades complementares e restauração e proteção de ecossistemas. A grande maioria das soluções aqui apresentadas foi desenvolvida em parceria com instituições de pesquisa e extensão, governamentais e da sociedade civil.

Monitoramento e avaliação da qualidade da água

Qualidade não é uma condição estática de um ambiente ou sistema, nem pode ser definida pela medição ou estimativa de uma única grandeza. Em relação à água, a qualidade é percebida como a variação de um conjunto de parâmetros intrínsecos que limita seu uso, sendo extremamente variável no tempo e no espaço. Quando existem dados confiáveis disponíveis sobre a qualidade da água, seu uso seguro torna-se possível. Esses dados podem ser usados como suporte para a implantação de políticas públicas. Porém, somente haverá dados confiáveis disponíveis quando programas de monitoramento e diagnóstico forem bem elaborados e conduzidos (Matthiensen, 2014). A definição de padrões de referência de qualidade é um importante aspecto do monitoramento da água (Oliveira-Filho et al., 2014). Algumas das contribuições da Embrapa nesse quesito são apontadas a seguir. Informações detalhadas e materiais de referência sobre contribuições da Embrapa podem ser encontrados no portal [Soluções Tecnológicas](#), tais como:

- Estimativa de concentração de pesticidas em solo e água (Embrapa Meio Ambiente).
- Monitoramento da qualidade da água na engorda de tambaqui em viveiros sem renovação da água (Embrapa Tabuleiros Costeiros).
- Método para avaliação da toxicidade aquática de rejeitos sólidos de mineração (Embrapa Cerrados).
- Metodologia para avaliação de risco ambiental em recursos hídricos (Embrapa Gestão Territorial).
- Simulação numérica da presença de contaminantes orgânicos em solo e águas (Embrapa Meio Ambiente).

- Avaliação do grau de restrição ao uso das águas subterrâneas em irrigação de culturas considerando a sodificação do solo na bacia do Rio Vaza-Barris (Embrapa Tabuleiros Costeiros).
- ARAquá 2014 – avaliação de risco ambiental de agrotóxico (Embrapa Gestão Territorial e parceiros).
- Análise do impacto da bovinocultura sobre a qualidade da água (Embrapa Cerrados).
- Análise comparativa da qualidade da água dos recursos hídricos em áreas urbanas e agrícolas (Embrapa Cerrados).
- Análise do impacto das cinzas de queimadas na qualidade dos recursos hídricos (Embrapa Cerrados).
- Índice de qualidade de bacia hidrográfica – uma metodologia para embasar estratégias de manejo de recursos hídricos (Embrapa Pantanal).
- Agroscre – apoio à avaliação de tendências de transporte de princípios ativos de agrotóxicos (Embrapa Meio Ambiente).
- Estimativa de concentração de pesticidas em solo e água (Embrapa Meio Ambiente).

Medidas técnicas e de gestão

Prevenção da poluição

As fontes de poluição podem ser classificadas como pontuais ou difusas. A poluição pontual acontece quando a fonte de poluição é facilmente identificável e normalmente provém de um único local. Os efluentes industriais e de esgoto doméstico são exemplos de fonte pontual. A poluição difusa (ou não pontual) não apresenta fonte definida de poluição, sendo difícil identificar sua origem. Ao contrário da poluição pontual, a difusa está sempre associada a um uso específico do solo (Matthiensen, 2017). A agricultura é um dos principais contribuintes para a poluição difusa no meio rural. Em regiões de plantio e de produção animal, as fontes de poluição difusa incluem agrotóxicos, fertilizantes químicos, adubos e dejetos animais que, quando em excesso no solo, sofrem infiltração ou são carreados junto com os sedimentos pela água da chuva para dentro dos corpos hídricos (A snapshot..., 2016). O excesso de sedimentos nos corpos d’água resulta em elevada turbidez, assoreamento e eutrofização, comprometendo áreas de

reprodução de espécies e podendo levar à perda de habitats aquáticos. Agrotóxicos são transportados pelas águas superficiais, podendo comprometer a saúde de animais domésticos e silvestres, bem como das pessoas que fazem uso dessa água. A degradação dos recursos hídricos pelas atividades agropecuárias pode ser mitigada por práticas conservacionistas na propriedade, como o dimensionamento da produção, o manejo adequado dos resíduos e a manutenção de mata ciliar (Matthiensen, 2017).

Informações e materiais de referência relacionados à prevenção da poluição estão disponíveis no portal [Soluções Tecnológicas](#) da Embrapa. Algumas das contribuições da Embrapa relacionadas à redução do uso de pesticidas e fertilizantes químicos são:

- Inseticida biológico INOVA-Bti (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia).
- Tecnologia limpa para tratamento pós-colheita de frutas (Embrapa Meio Ambiente).
- Manejo sustentável das principais pragas na cultura da cana-de-açúcar (Embrapa Agropecuária Oeste).
- Controle de plantas daninhas em pastagens (Embrapa Gado de Corte).
- Avaliação da lixiviação de herbicidas no solo aplicados com água de irrigação em plantio direto (Embrapa Cerrados).
- Determinação do percentual de troca de água nos viveiros de piscicultura (Embrapa Meio Ambiente).
- Método para determinação de quantidade de lodo de esgoto para uso agrícola como fonte de nitrogênio (Embrapa Meio Ambiente).
- Análise da segurança de agentes microbiológicos para controle de pragas (Embrapa Cerrados).
- Anonáceas – instruções para uso de defensivos (Embrapa Cerrados).
- Manga – instruções para uso de defensivos agrícolas (Embrapa Cerrados).
- Produção integrada de citros no Rio Grande do Sul (Embrapa Clima Temperado).
- Produção integrada de morango – PIMo (Embrapa Meio Ambiente).
- Manejo integrado de pragas da soja – MIP-Soja (Embrapa Soja).

- Sistema orgânico de produção de café (Embrapa Agrobiologia).
- Produção integrada de manga, uvas finas de mesa e melão (Embrapa Semiárido e Embrapa Uva e Vinho).

Com relação à redução da liberação de contaminantes, podem ser citadas as seguintes contribuições:

- Produção de tambaqui em tanques escavados com aeração (Embrapa Amazônia Ocidental).
- Capacitação para gerenciamento de dejetos na propriedade rural leiteira (Embrapa Gado de Leite).
- Biobed Brasil – disposição final de efluentes contaminados com agrotóxicos originados na agricultura (Embrapa Uva e Vinho).

Quanto à redução do carreamento de sedimentos, as principais soluções tecnológicas são:

- Práticas agronômicas de manejo e conservação de solo e água e de recuperação de áreas degradadas (Embrapa Solos).
- Revegetação de voçorocas com leguminosas arbóreas inoculadas e micorrizadas (Embrapa Agrobiologia).
- Boas práticas agrícolas para as áreas de nascentes: controle de erosão e aplicação otimizada de defensivos (Embrapa Meio Ambiente).
- Lago de múltiplo uso (Embrapa Milho e Sorgo).

Redução da carga de poluentes que chega aos corpos hídricos

O Brasil possui, aproximadamente, 31 milhões de habitantes residentes na área rural. Desta população, 22% têm acesso a serviços de saneamento básico, e quase 5 milhões de pessoas não possuem sanitários. O uso de fossas rudimentares (fossa negra, poço, buraco, etc.) é comum e contamina as águas subterrâneas. O esgoto contém patógenos (vírus, bactérias, parasitas), matéria orgânica e resíduos químicos, como medicamentos. Quando a poluição orgânica é severa, pode reduzir os níveis de oxigênio dissolvido na água e elevar as concentrações de amônia e sulfeto de hidrogênio, que se associam aos sedimentos e às águas do fundo dos rios, comprometendo à vida aquática (A snapshot..., 2016). A Embrapa possui soluções simples e factíveis para o saneamento básico rural, o tratamento de esgoto e de efluentes, e fundamentais para alterar essa realidade, disponíveis no espaço

temático [saneamento básico rural](#) (Embrapa, 2017a) e no portal [Soluções Tecnológicas](#), tais como:

- Tratamento de águas residuais de banhos de carrapaticida (Embrapa Peçuária Sudeste).
- Nanocristais de celulose para sorção de metais (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia).
- Fossa séptica biodigestora (Embrapa Instrumentação).
- Jardim filtrante (Embrapa Instrumentação).
- Sistema Biobed (Embrapa Uva e Vinho).

Uso integrado de águas em atividades complementares

Dentre as alternativas apontadas para uma maior eficiência da água está a integração e otimização dos usos múltiplos. Nesse modelo de gerenciamento, a oferta de água provém, geralmente, de um sistema comum – a bacia hidrográfica –, e os excedentes de uso e os efluentes voltam a se integrar ao sistema. Assim, os recursos hídricos são utilizados de forma mais eficiente, maximizando os benefícios. Em vários países, essa integração de usos está consolidada. No Brasil, os estudos da Embrapa com esses sistemas integrados de produção são recentes, necessitando de pesquisas para definição da melhor forma de exploração (Santos, 2009). Duas das soluções tecnológicas da Embrapa disponíveis no portal [Soluções Tecnológicas](#) são:

- Biorremediação de ostra na aquicultura (Embrapa Meio-Norte).
- Recomendação de uso múltiplo da água no cultivo do feijão-caupi com efluentes da piscicultura (Embrapa Meio-Norte).

Restauração de ecossistemas

A restauração ecológica pode ser definida como o processo e a prática de auxiliar a recuperação de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído. O papel dos ecossistemas naturais ou restaurados na proteção da qualidade da água superficial é bem compreendido, especialmente em zonas ripárias. As intervenções de restauração devem priorizar a recuperação do solo e da vegetação nos locais mais frágeis, nas áreas descobertas e nos trechos da bacia sujeitos a maior escoamento superficial e, portanto, expostos a maiores riscos de erosão e assoreamento. Nascentes e terrenos inclinados devem ser, portanto, prioritaria-

mente protegidos (Honda; Durigan, 2017). Existem diversas maneiras de se fazer a restauração, e a escolha do modelo adequado é em parte responsável pelo sucesso. Dentre as contribuições da Embrapa para a restauração de ecossistemas disponíveis no portal [Soluções Tecnológicas](#), podemos destacar:

- Diagnóstico e planejamento de ações para recuperação de ecossistemas degradados – RED (Embrapa Florestas).
- Semeadura direta de árvores para restauração ecológica do Cerrado brasileiro (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia).
- Topsoil para restauração da vegetação do Cerrado em áreas degradadas (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia).
- Implantação e manejo de florestas em pequenas propriedades (Embrapa Florestas).
- Sistemas agroflorestais – SAFs (Embrapa Agrobiologia).
- Manejo do capim-gordura (*Melinis minutiflora*) em áreas com vegetação nativa do Cerrado (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia).
- Produção de mudas de espécies florestais (Embrapa Florestas).

Considerações finais

Quando uma fonte de água está exposta a uma atividade, há situações de risco que aumentam sua vulnerabilidade. Medidas de conservação desse recurso precisam ser estudadas e adotadas para mitigar impactos que alterem sua qualidade e quantidade, porém sem afetar sua disponibilidade para atender à demanda.

Existem, então, disponíveis, tecnologias de diferentes graus de complexidade capazes de minimizar, ou mesmo de evitar, problemas relacionados à contaminação da água. É importante que essas informações cheguem à sociedade como um todo, e em especial aos técnicos e promotores de políticas públicas capazes de provocar maior impacto e facilitar a adoção efetiva dessas tecnologias. A disponibilização do material no portal da Embrapa é um passo importante para facilitar essa divulgação, permitindo também que os centros de pesquisa envolvidos no processo possam colaborar mais estreitamente, se necessário, tanto para aprofundar seus estudos e buscar soluções para problemas específicos, como na elucidação de aspectos técnicos para a implementação dessas tecnologias.

Referências

A SNAPSHOT of the world's water quality: towards a global assessment. Nairobi: United Nations, Environment Programme, 2016. 162 p. Disponível em: <https://uneplive.unep.org/media/docs/assessments/unep_wwqa_report_web.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2018.

EMBRAPA. **Saneamento básico rural**. 2017a. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/tema-saneamento-basico-rural>>. Acesso em: 27 nov. 2017.

EMBRAPA. **Soluções tecnológicas**. 2017b. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/solucoes-tecnologicas>>. Acesso em: 27 nov. 2017.

HONDA, E. A.; DURIGAN, G. A restauração de ecossistemas e a produção de água. **Hoehnea**, v. 44, n. 3, p. 315-327, 2017. DOI: 10.1590/2236-8906-82/2016.

MATTHIENSEN, A. Introdução. In: MONITORAMENTO e diagnóstico de qualidade de água superficial. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2014. p. 11-16. Disponível em: <<http://tsga.ufsc.br/index.php/biblioteca/materiais-pedagogicos/apostilas2?task=weblink.go&id=13>>. Acesso em: 29 jan. 2018.

MATTHIENSEN, A. Poluição e eutrofização de águas interiores. In: SIQUEIRA, G.; SILVA, J. D. da (Org.). **12 feridas ambientais do planeta**. Florianópolis: HB Editora, 2017. p. 50-51. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1081592/poluicao-e-eutrofizacao-de-aguas-interiores--rios-lagos-e-reservas>>. 29 jan. 2018.

OLIVEIRA-FILHO, E. C.; CAIXETA, N. R.; SIMPLICIO, N. C. S.; SOUSA, S. R.; ARAGÃO, T. P.; MUNIZ, D. H. F. Implications of water hardness in ecotoxicological assessments for water quality regulatory purposes: a case study with the aquatic snail *Biomphalaria glabrata* (Say, 1818). **Brazilian Journal of Biology**, v. 74, n. 1, p. 175-180, Feb. 2014. DOI: 10.1590/1519-6984.24212.

SANTOS, F. J. de S. **Cultivo de tilápia e uso de seu efluente na fertirrigação de feijão-vigna**. 2009. 153 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/937671/cultivo-de-tilapia-e-uso-de-seu-efluente-na-fertirrigacao-de-feijao-vigna>>. Acesso em: 29 jan. 2018.

Capítulo 4

Eficiência do uso e o abastecimento de água na produção agropecuária

Welson Lima Simões
Luiza Teixeira de Lima Brito
Maria Sonia Lopes da Silva
Alexandre Matthiensen
Eugênio Ferreira Coelho
Rosângela Silveira Barbosa
Gherman Garcia Leal de Araújo
Daniela Ferraz Bacconi Campeche
Rafael Dantas dos Santos
Roseli Freire de Melo

Introdução

Neste capítulo, são abordados aspectos relativos à eficiência de uso da água na agricultura irrigada e na produção animal, além de apresentar possibilidades de aproveitamento da água da chuva, como forma de reduzir os efeitos das irregularidades climáticas regionais, e alternativas de uso de águas salobras/salinas, constituindo-se, em mais uma estratégia temporal de aproveitamento dos recursos hídricos disponíveis. Essas informações, expressas na forma de conhecimentos e tecnologias gerados pela Embrapa, têm potencial para contribuir com o alcance da meta 6.4, que busca, até 2030, aumentar substancialmente a eficiência do uso da água e assegurar o abastecimento de água doce para enfrentar a escassez de água no mundo (Nações Unidas, 2017).

Eficiência de uso de água na agricultura irrigada

A produção agrícola depende fundamentalmente da disponibilidade de água dos recursos hídricos, volume este que corresponde a 72% do consumo de água no Brasil (Agência Nacional de Águas, 2018). A demanda de consumo elevado, associada ao cenário de escassez de recursos hídricos crescente, exige comprometimento e responsabilidade de todos para garantir a produção de alimentos da crescente população, de modo que seja utilizada menor quantidade de água sem haver redução do potencial máximo de produção das culturas. No Brasil, a eficiência da irrigação é de aproximadamente 60%. O impacto da melhoria de apenas

1% dessa eficiência é observado quando se avalia seu efeito da aplicação de uma lâmina de 4 mm dia⁻¹ em 1 ha, no qual vai se economizar diariamente cerca de 1,3 mil L ha⁻¹ (Coelho; Silva, 2013). No Nordeste, as áreas irrigadas com frutíferas e hortaliças têm aumentado significativamente, uma vez que o clima se destaca pela elevada incidência de radiação solar e baixas e irregulares precipitações. Na prática, o uso eficiente de tecnologias geradas pela Embrapa e parceiros tem proporcionado produções nas diversas épocas do ano. Consciente do problema hídrico da região e com a competência devida, a Embrapa tem disponibilizado conhecimentos e tecnologias adequadas para minimizar o consumo de água nos cultivos irrigados, sem reduzir sua capacidade produtiva. Seguem algumas soluções tecnológicas geradas e/ou adaptadas pela Embrapa e parceiros que podem contribuir para que o Brasil colabore efetivamente com a meta 6.4 do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6 (ODS 6).

Manejo da água de irrigação pelo balanço de água no solo

Esta prática consiste em evitar que, entre uma irrigação e outra, o solo não atinja um nível de umidade que comprometa a produtividade máxima das culturas, sendo ideal mantê-lo próximo a sua máxima capacidade de retenção de água, até a profundidade efetiva do seu sistema radicular. A Embrapa tem contribuído com as seguintes técnicas de otimização e praticidade desse manejo:

- Uso do sensor Irrigas: equipamento desenvolvido pela Embrapa Hortaliças, para indicação do momento correto de se irrigar diferentes cultivos (Marouelli et al., 2010). Trata-se de um sistema simples e de baixo custo, bem mais acessível que outros equipamentos disponíveis no mercado para medição da umidade do solo.
- Recomendação do número e do posicionamento de sensores de água no solo para manejo da água de irrigação: solução tecnológica, desenvolvida pela Embrapa Mandioca e Fruticultura, tem auxiliado os produtores a definir o local ideal de instalação e o número dos sensores de umidade no solo para diferentes culturas, tipos de solo e sistemas de irrigação (Coelho; Coelho Filho, 2007; Silva et al., 2007; Sousa et al., 2011; Coelho et al., 2012; Coelho; Simões, 2015).
- Recomendação do momento de irrigação pelas umidades críticas do solo: solução tecnológica para indicação do momento e lâmina de irrigação em bananeira e mamoeiro em condições climáticas de Tabuleiros Cos-

teiros, a partir das umidades críticas para diferentes tipos de solo (Sousa et al., 2011; Coelho et al., 2012).

- Descrição da profundidade efetiva do sistema radicular das culturas: solução tecnológica para facilitar o manejo da água de irrigação pelos produtores (Coelho et al., 2008; Coelho; Simões, 2015).

Manejo da irrigação pela evapotranspiração da cultura

O conhecimento da evapotranspiração da cultura é fundamental ao manejo da irrigação, sendo ela resultante do produto entre a evapotranspiração de referência (ETo) e o coeficiente de cultivo (Kc). Na determinação da ETo, são utilizados dados climáticos disponibilizados por estações meteorológicas, como também da evaporação obtida por meio do tanque classe A. Na prática, os dados de ETo disponibilizados para um determinado local podem ser utilizados em áreas de até 40 km de distância da estação (Moura, 2007). O Kc está diretamente relacionado com a variedade, o estágio fenológico, a altura, a coloração das folhas, o local da propriedade, entre outros. Assim, no intuito de melhorar a eficiência de uso da água, a Embrapa tem realizado pesquisas para determinação dos Kcs para as principais culturas exploradas nos polos irrigados do País (Teixeira et al., 1999, 2008; Moreira et al., 2001).

Outras estratégias de manejo da irrigação visando à maior eficiência de uso da água que estão sendo testadas por pesquisadores da Embrapa são a aplicação da irrigação com deficit controlado, que reduz a quantidade de água aplicada numa das fases da cultura; a irrigação lateralmente alternada, com deficit em partes do sistema de irrigação; e o plantio com cobertura de solo, que minimiza a evaporação, reduzindo a quantidade de água a ser aplicada. Mesmo com a redução da quantidade de água aplicada, essas estratégias não interferem na produção e na qualidade dos produtos finais (Stone et al., 2008; Santos et al., 2014).

Captação e uso eficiente da água da chuva

No Semiárido brasileiro, em geral, a precipitação é a única fonte de realimentação dos reservatórios hídricos, cuja água é utilizada para atender às demandas de consumo das famílias, dos animais e da agricultura. Ela ocorre de forma variável em quantidade, intensidade, no espaço e no tempo. O potencial hídrico subterrâneo é restrito e de baixa qualidade, em razão do predomínio das rochas cristalinas, que apresentam baixas vazões e altos teores de salinidade. Entre as soluções

alternativas, citam-se as estratégias de captação de água das chuvas para uma convivência produtiva na região. Essas tecnologias estão consolidadas em políticas públicas, por meio do Programa Cisternas (Brasil, 2017)¹, com 1,3 milhão de cisternas instaladas em todo o País, especialmente no Semiárido brasileiro.

Captação in situ

A captação *in situ* é constituída de técnicas de preparo de solo com a finalidade de induzir o escoamento superficial para a área de plantio, aumentando o tempo de infiltração da água no solo (Anjos et al., 2007; Brito et al., 2008).

Cisterna

As pesquisas realizadas na Embrapa Semiárido tiveram como desafio reduzir os custos de construção, suprir a insuficiência de cobertura das instalações rurais que poderiam ser usadas como área de captação e demonstrar sua eficiência técnica como reservatório para o armazenamento de água das chuvas, em condições de semiáridoz. Os modelos mais disseminados, que vêm sendo implementados em todo Semiárido brasileiro, pelo Programa Cisternas, são o de 16 m³ destinado para o consumo humano e animal e o de 52 m³ para produção de alimentos (Figura 1). A Embrapa Semiárido vem desenvolvendo pesquisas sobre a eficiência da água aplicada na produção de frutas e hortaliças, para os dois tipos de cisterna (Brito et al., 2012; Brito, 2016). A cisterna rural, por sua importância na dessedentação humana e animal, bem como na produção de alimentos, tem se constituído na principal tecnologia de captação de água para as áreas dependentes de chuvas, da região semiárida brasileira.

Barragem subterrânea

As pesquisas realizadas pela Embrapa Semiárido, a partir de 1982, contribuíram para inovação da tecnologia, com a inclusão de linhas de drenagem/caminhos d'água como mais uma opção de local favorável para construção; com redução nos custos e tempo de construção, cuja escavação passou a ser com retroescavadeira, e como camada de impedimento o uso da lona plástica de PVC ou polietileno de 200 micras de espessura (Brito et al., 1989). Experiências compartilhadas pela Embrapa Semiárido e a Embrapa Solos (UEP Recife) com as famílias agricultoras comprovam que a barragem subterrânea (Figura 2) reduz os riscos da

¹ Mensagem enviada por e-mail, em 16 de novembro de 2017, pelo coordenador do Programa Cisternas.



Foto: Nilton de Brito Cavalcanti

Figura 1. Cisterna de produção de alimentos.

Foto: Maria Sonia Lopes da Silva

Figura 2. Abertura da valada da barragem subterrânea (A); chumbamento do plástico na vala impermeabilizando a parede (B); fechamento da vala (C); barragem subterrânea pronta, com parede, poço, sangradouro e área de plantio (D).

irregularidade climática regional, favorecendo, assim, o desenvolvimento e a produtividade das culturas, o que tem contribuído com a resiliência socioecológica e econômica, consequentemente com a [sustentabilidade dos agroecossistemas](#) da região semiárida brasileira (Melo et al., 2013; Nascimento et al., 2015; Silva, 2017).

Eficiência do uso da água na produção animal

No contexto da pecuária, o tema água deve ser trabalhado em todos os pontos da cadeia produtiva das diferentes espécies e em diversas frentes do sistema de produção. A água deve ser computada para dessedentação dos animais, produção de alimentos, higiene dos animais, dentre outras, sendo o livre acesso à água de qualidade condição básica e essencial para as boas práticas de produção e para o bem-estar animal. Nesse sentido, a Embrapa vem trabalhando com orientações para auxiliar produtores, técnicos, extensionistas e gestores a manejar os recursos naturais e conservar o meio ambiente, por meio de publicações sobre a quantidade a ser oferecida para cada categoria animal, dimensionamento adequado dos bebedouros de acordo com o número e categoria animal, adequado fluxo de água para abastecimento dos bebedouros, distribuição adequada dos bebedouros (Campos, 2000); soluções práticas na redução do desperdício de água e ração em granjas de suínos (Lima et al., 2012); boas práticas hídricas relacionadas à atividade de produção de bovinos de leite (Palhares, 2016b); qualidade da água na produção animal (Palhares, 2014), captação de água de chuva e uso na produção animal (Brito et al., 2007; Palhares, 2016b), desafios hídricos para a produção animal (Palhares, 2016c), dentre outras.

Uma fonte de água importante que contribui para a redução do seu consumo pelos animais são os alimentos que possuem na sua composição 40% a 90% de água. Como exemplo, temos as forragens suculentas como palma forrageira, mandacaru, gramíneas, leguminosas e melancia forrageira (Araújo et al., 2010). Outra importante fonte está nas forragens conservadas na forma de silagem, tais como milho, sorgo e milheto. Os coprodutos agroindustriais (resíduos de cervejaria, desfibramento do sisal e do processamento de frutas) também são alternativas viáveis para o aporte de água aos rebanhos do Semiárido, pois podem contribuir para o atendimento de até 80% da demanda hídrica dos animais. O aporte adicional de água contida nos alimentos é especialmente importante aos animais criados em regiões e comunidades com pouco acesso à água de beber.

Usos múltiplos da água salina

Estima-se que, na região Nordeste, existam mais de 100 mil poços profundos, com vazões médias em torno de 2 mil L por hora. É importante ressaltar que, na maioria dos casos, as águas desses poços apresentam teores de sais superiores a 1 g L⁻¹, tornando-as impróprias ao consumo humano. Entretanto, essas fontes de água são essenciais aos animais, em especial, para os caprinos, cuja demanda de água para dessecação de todo o rebanho da região é da ordem de 40 milhões de m³ por ano. A Embrapa Semiárido, em parceria com outras instituições, desenvolveu um sistema de produção integrado em que foram estabelecidos parâmetros para o aproveitamento das águas salobras ou salinas, tanto para os consumos humano e animal, como para a produção vegetal e a aquicultura (Porto et al., 2004).

Várias pesquisas no tema foram desenvolvidas envolvendo manejo da irrigação com água salobra/salina nas culturas feijão, beterraba, sorgo forrageiro e grânífero, milho e erva-sal (forrageira) (Nogueira Filho et al., 2003; Assis Júnior et al., 2007; Carvalho Júnior et al., 2010; Guimarães et al., 2016; Simões et al., 2016), com informações sobre técnicas de manejo da água como: as frações de lixiviação (FL) ideais, sendo esta uma quantidade de água superior à necessária, que se aplica para proporcionar a redução da quantidade de sais da zona radicular da cultura; e as variedades adaptadas ao meio salino, destacando-se a escolha do solo com boa drenagem para facilitar a lixiviação dos sais no período chuvoso, o que facilita novos ciclos de cultivo.

Em relação à ingestão pelos animais, do ponto de vista da salinidade, águas com altos teores de sais, assim como aquelas que contêm elementos tóxicos, representam perigo, podendo afetar a qualidade da carne e do leite produzido. O manejo do consumo animal com relação à salinidade da água tem como base a classificação de Runyan e Bader (1994). Ressalta-se que a utilização ou a ingestão de água pelo animal pode estar diretamente relacionada a diferentes variáveis, além da qualidade (Nutrient..., 2007).

Outra alternativa é o uso de águas salobras/salgadas para a aquicultura. Espécies como a tilápia (*Oreochromis niloticus*) e o camarão-branco-do-pacífico (*Litopenaeus vannamei*) são próprios para serem cultivados em águas salobras, uma vez que são rústicas e de manejo dominado no Brasil. Atualmente, há a possibilidade de produzir tilápia e camarão de forma intensiva usando água proveniente de poços salinizados. Nesse sistema, os rejeitos da piscicultura estão sendo indicados para o cultivo de culturas tolerantes à salinidade que servem para alimentação humana e animal (Dias et al., 2012). Entretanto, conforme descrito anteriormente,

esse modelo de agricultura bioassalina exige que o manejo seja sustentável de forma racional, econômica e ambiental.

Considerações finais

A eficiência do uso da água é ferramenta indispensável para sustentabilidade dos agroecossistemas. Em se tratando de agricultura bioassalina, a escolha do manejo da irrigação e da cultura é fundamental para uma sustentabilidade socioeconômica e ambiental do meio. As tecnologias de captação de água de chuva respondem às demandas do meio rural do Semiárido brasileiro, tanto no contexto do consumo familiar, enfocando aspectos de qualidade, quantidade e regularidade, no atendimento ao consumo dos animais, como também para reduzir os riscos da exploração agrícola diante à variabilidade climática. Muito precisa ser feito para dotar as famílias dessa região de tecnologias de captação de água de chuva capazes de superar anos de seca, à semelhança de 2011–2012 a 2017, e permitir uma convivência produtiva da população com a adversidade climática. Para isso, o aproveitamento da água das chuvas, acompanhado por um conjunto de tecnologias adaptadas às condições locais, aliado à capacitação das famílias e dos técnicos de Ater, poderá contribuir para a mudança desse cenário. No contexto socioeconômico, a maioria dessas tecnologias está inserida no conceito de [tecnologias sociais](#).

Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **ANA e Embrapa concluem levantamento sobre irrigação com pivôs centrais no Brasil**. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/imprensa/noticia.aspx?id_noticia=12669>. Acesso em: 5 mar. 2018.
- ANJOS, J. B. dos; CAVALCANTI, N. de B.; BRITO, L. T. de L.; SILVA, M. S. L. da. Captação “in situ”: água de chuva para produção de alimentos. In: BRITO, L. T. de L.; MOURA, M. S. B. de; GAMA, G. F. B. (Ed.). **Potencialidades da água de chuva no semi-árido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007. p.141-155.
- ARAÚJO, G. G. L.; VOLTOLINI, T. V.; CHIZZOTTI, M. L.; TURCO, S. H. N.; CARVALHO, F. F. R. Water and small ruminant production. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 326-336, 2010. Suplemento especial.
- ASSIS JÚNIOR, J. O. de; LACERDA, C. F. de; SILVA, F. B. da; SILVA, F. L. B. da; BEZERRA, M. A.; GHEYI, H. R. Produtividade do feijão-de-corda e acúmulo de sais no solo em função da fração de lixiviação e da salinidade da água de irrigação. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 3, p.702-713, set./dez. 2007. DOI: 10.1590/S0100-69162007000400013.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Social. **Programa cisternas**. 2017. Disponível em: <<http://mds.gov.br/assuntos/seguranca-alimentar/acesso-a-agua-1/programa-cisternas>>. Acesso em: 5 mar. 2018.

BRITO, L. T. de L.; ARAÚJO, J. O. de; CAVALCANTI, N. de B.; SILVA, M. J. da. Água de chuva armazenada em cisterna produz frutas e hortaliças para o consumo pelas famílias rurais: estudo de caso. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 8., 2012, Campina Grande. **Aproveitamento da água de chuva em diferentes setores e escalas: desafio da gestão integrada**. Campina Grande: ABCMAC; Petrolina: Embrapa Semiárido, 2012. 1 CD-ROM.

BRITO, L. T. de L.; CAVALCANTI, N. de B.; ANJOS, J. B. dos; SILVA, A. de S.; PEREIRA, L. A. Perdas de solo e de água em diferentes sistemas de captação in situ no semi-árido brasileiro. **Engenharia Agrícola**, v. 28, n. 3, p. 507-515, jul./set. 2008.

BRITO, L. T. de L.; PORTO, E. R.; SILVA, A. de S.; CAVALCANTI, N. de B. Cisterna rural: água para o consumo animal. In: BRITO, L. T. de L.; MOURA, M. S. B. de; GAMA, G. F. B. (Ed.). **Potencialidades da água de chuva no semi-árido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007. p. 105-116.

BRITO, L. T. de L.; SILVA, A. de S.; MACIEL, J. L.; MONTEIRO, M. A. R. **Barragem subterrânea I: construção e manejo**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1989. 38 p. il. (EMBRAPA-CPATSA. Boletim de pesquisa, 36).

CAMPOS, A. T. de. **Importância da água para bovinos de leite**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2000. (Embrapa Gado de Leite. Instrução técnica, 31).

CARVALHO JÚNIOR, G. S.; PEREIRA, J. R.; QUESADO, F. C.; CASTRO, M. A. N.; SOUZA, D. F.; ABDALA, C. S.; ARAÚJO, W. P.; LIMA, F. V. Comportamento da mamoneira brs energia em diferentes lâminas de irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 4.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, 1., 2010, João Pessoa. **Inclusão social e energia: anais**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010. p. 1053-1059.

COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A. **Irrigação da mangueira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2007. (Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Circular técnica, 87).

COELHO, E. F.; SILVA, A. J. P. da. **Manejo, eficiência e uso da água em sistemas de irrigação**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2013. 26 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Documentos, 206).

COELHO, E. F.; SILVA, A. J. P.; DONATO, S. L. R.; MARQUELLI, W. A.; ARANTES, A. M.; SOUZA CRUZ, A. J.; COTRIM, C. E.; COSTA, S. F.; SANTANA, J. A.V.; MARQUES, P. R. R.; OLIVEIRA, P. M. **Irrigação da bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2012. 280 p.

COELHO, E. F.; SIMÕES, W. L. **Onde posicionar sensores de umidade e de tensão de água do solo próximo da planta para um manejo mais eficiente da água de irrigação**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2015. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Circular técnica, 109).

COELHO, E. F.; SIMÕES, W. L.; CARVALHO, J. E. B. de; COELHO FILHO, M. A. **Distribuição de raízes e extração de água do solo em fruteiras tropicais sob irrigação**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2008. 80 p.

DIAS, N. S.; COSME, C. R.; SOUZA, A. C. M.; SILVA, M. R. F. Gestão das águas residuárias provenientes da dessalinização da água salobra. In: GHEYI, H. R.; PAZ, V. P. da S.; MEDEIROS, S. de S.; GALVÃO, C. de O. (Ed.). **Recursos hídricos em regiões semiáridas: estudos e aplicações**. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, 2012. p. 176-187.

GUIMARÃES, M. J. M.; SIMÕES, W. L.; TABOSA, J. N.; SANTOS, J. E. dos; WILLADINO, L. Cultivation of forage sorghum varieties irrigated with saline effluent from fish-farming under semiarid conditions. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 20, n. 5, p. 461-465, May 2016. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v20n5p461-465.

LIMA, G. J. M. M. de; AMARAL, A. L. do; PALHARES, J. C. P.; MANZKE, N. E.; DALLA COSTA, O. A. Como racionalizar o uso da água e evitar desperdícios de ração em granjas de suínos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 7., Porto Alegre, RS. *Anais...* Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2012. p. 233-248.

MARQUELLI, W. A.; FREITAS, V. M. T.; COSTA JÚNIOR, A. D. **Guia prático para uso do Irrigas na produção de hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortalícias, 2010. 32 p.

MELO, R. F. de; ANJOS, J. B. dos; SILVA, M. S. L. da; PEREIRA, L. A.; BRITO, L. T. de L. **Barragem subterrânea**: tecnologia para armazenamento de água e produção de alimentos. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2013. 8 p. (Embrapa Semiárido. Circular técnica, 104).

MOREIRA, J. A. A.; STONE, L. F.; GUIMARÃES, C. M.; ANDRADE, R. da S. **Manejo da irrigação do feijoeiro no sistema plantio direto**: coeficiente de cultura. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. 2 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Pesquisa em foco, 63).

MOURA, M. S. B. de. **Dados climáticos estação meteorológica automática do campo experimental de Bebedouro, 2005**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007. 42 p. (Embrapa Semi-Árido. Documentos, 200).

NAÇÕES UNIDAS. Água potável e saneamento: objetivo 6: assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos. 2017. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/ods6/>>. Acesso em: 7 mar. 2018.

NASCIMENTO, A. F. do; SILVA, M. S. L. da; MARQUES, F. A.; OLIVEIRA NETO, M. B. de; PARAHYBA, R. da B. V.; AMARAL, A. J. do. **Caracterização geoambiental em áreas com barragem subterrânea no Semiárido brasileiro**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2015. 54 p. (Embrapa Solos. Documentos, 180).

NOGUEIRA FILHO, H.; SANTOS, O.; BORCIONI, E.; SINCHAK, S.; PUNTEL, R. Aquaponia: interação entre alface hidropônica e criação superintensiva de tilápias. *Horticultura Brasileira*, v. 21, n. 2, p. 280, jul. 2003. Suplemento 2.

NUTRIENT requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. Washington, DC: National Research Council, 2007. 384 p.

PALHARES, J. C. P. A experiência brasileira no manejo hídrico das produções animais. In: PALHARES, J. C. P. (Org.). **Produção animal e recursos hídricos**. São Carlos, SP: Cubos, 2016a. v. 1, p. 11-32.

PALHARES, J. C. P. **Boas práticas hídricas na produção leiteira (versão 2)**. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2016b. 14 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Comunicado técnico, 105).

PALHARES, J. C. P. **Captação de água de chuva e armazenamento em cisterna para uso em produção animal**. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2016c. (Embrapa Pecuária Sudeste. Comunicado técnico, 122).

PALHARES, J. C. P. **Qualidade da água na produção animal**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2014. (Embrapa Pecuária Sudeste. Comunicado técnico, 103).

- PORTO, E. R.; ARAÚJO, O. de; ARAUJO, G. G. L. de; AMORIM, M. C. C.; PAULINO, R. V.; MATOS, A. N. B. **Sistema de produção integrado usando efluentes da dessalinização.** Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2004. 22 p. (Embrapa Semi-Árido. Documentos, 187).
- RUNYAN, C.; BADER, J. Water quality for livestock and poultry. In: AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **Water quality for agriculture.** Rome: FAO, 1994. (FAO. Irrigation and drainage paper, 29).
- SANTOS, M. R. dos; MARTINEZ, M. A.; DONATO, S. L. R.; COELHO, E. F. Fruit yield and root system distribution of Tommy Atkins mango under different irrigation regimes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 4, p. 362-369, 2014. DOI: 10.1590/S1415-43662014000400002.
- SILVA, A. de S.; MOURA, M. S. B. de; BRITO, L. T. de L. Irrigação de salvação em culturas de subsistência. In: BRITO, L. T. de L.; MOURA, M. S. B. de; GAMA, G. F. B. (Ed.). **Potencialidades da água de chuva no semi-árido brasileiro.** Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007. p. 159-179.
- SILVA, M. S. L. da. Avaliação socioambiental de um agroecossistema no sertão do Araripe, Pernambuco. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO, 2., 2017, Campina Grande. **Saberes do semiárido:** desafios às pesquisas científicas: anais. Campina Grande: Realize, 2017. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/171021/1/2017-108.pdf>>. Acesso em: 7 mar. 2018.
- SIMÕES, W. L.; CALGARO, M.; COELHO, D. S.; SANTOS, D. B. dos; SOUZA, M. A. de. Growth of sugar cane varieties under salinity. **Revista Ceres**, v. 63, n. 2, p. 265-271, mar./abr. 2016.
- SOUZA, V. F. de; MARQUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Ed.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. v. 1, 769 p.
- STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da; MOREIRA, J. A. A. **Efeito de palhadas de culturas de cobertura na evapotranspiração do feijoeiro irrigado.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2008. 4 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado técnico, 158).
- TEIXEIRA, A. H. de C.; AZEVEDO, P. V. de; SILVA, B. B. da; SOARES, J. M. Consumo hídrico e coeficiente de cultura da videira na região de Petrolina, PE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 3. n. 3, p. 413-416, 1999.
- TEIXEIRA, A. H. de C.; BASTIAANSSEN, W. G. M.; MOURA, M. S. B.; SOARES, J. M.; AHMAD, M. D.; BOS, M. G. Energy and water balance measurements for water productivity analysis in irrigated mango trees, Northeast Brazil. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 148, n. 10, p. 1524-1537, Sept. 2008. DOI: 10.1016/j.agrformet.2008.05.004.

Literatura recomendada

- BENOLIEL, M. A.; TAVARES, J. M. R.; COLDEBELLA, A.; TURMINA, L. P.; OLIVEIRA, P. A. V. de. Influência do sistema de alojamento na concentração de gases de efeito estufa e amônia, em unidades de gestação de suínos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 17., 2015, Campinas. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2015. p. 509-511.
- GOPINGER, E.; KRABBE, E. L.; BAVARESCO, C.; AVILA, V. S. de; CONTREIRA, C. L.; SUREK, D.; MATTHIENSEN, A. Condicionamento da água de chuva e efeito no desempenho de frangos de corte. In: SALÃO INTERNACIONAL DE AVICULTURA E SUINOCULTURA, 2017, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABPA, 2017. p. 294-296.

MATTHIENSEN, A.; BORDIN, F. B.; BRINGHENTI, I.; WASKIEWIC, M. E.; OLIVEIRA, M. de M.; COMASSETTO, V. **Gestão da água subterrânea**. Concórdia: Comitê do Rio Jacutinga, 2016. 46 p.

MATTHIENSEN, A.; COMASSETTO, V.; ALVES, J.; FAVASSA, C. T. A.; WASKIEWIC, M. E.; BÓLICO, J. Diagnóstico dos poços tubulares profundos e da qualidade das águas subterrâneas no município de Concórdia, SC. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 18.; ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS, 19.; FEIRA NACIONAL DA ÁGUA-FENÁGUA, 8., 2014, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ABAS, 2014. 1 CD ROM.

MATTHIENSEN, A.; OLIVEIRA, M. de M. **Principais problemas de qualidade da água subterrânea da região do Alto Uruguai Catarinense (e subsídios para resolvê-los)**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2015. 9 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado técnico, 531).

MAZZUCO, H.; HENN, J. D.; JAENISCH, F. R. F.; ABREU, P. G. de; MATTHIENSEN, A.; NICOLOSO, R. da S.; DUARTE, S. C.; AVILA, V. S. de; ROSA, P. S.; KLEIN, C. H.; KUNZ, A.; HIGARASHI, M. M. **Boas práticas na produção de ovos comerciais para poedeiras alojadas em gaiolas**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2016. (Embrapa Suínos e Aves. Circular técnica, 60).

MELO, R. F. de; ANJOS, J. B. dos; PEREIRA, L. A.; BRITO, L. T. de L.; COELHO, L. C. Efeito do esterco de caprino na produtividade do inhame da costa (*Dioscorea cayennensis*) em barragem subterrânea. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 8., 2012, Campina Grande. **Aproveitamento da água de chuva em diferentes setores e escalas: desafio da gestão integrada**. Campina Grande: ABCMAC; Petrolina: Embrapa Semiárido, 2012. 1 CD-ROM.

OLIVEIRA, P. A. V. de; MATTHIENSEN, A.; ALBINO, J. J.; BASSI, L. J.; GRINGS, V. H.; BALDI, P. C. **Aproveitamento da água da chuva na produção de suínos e aves**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2012. 38 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 157).

OLIVEIRA, P. A. V. de; WOŁOSZYN, N. **PNMA II - Racionalização do uso da água na produção de suínos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2005. 1 folder.

PALHARES, J. C. P. Produção animal e recursos hídricos. In: ZOTEC NA AMAZÔNIA LEGAL, 1.; CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOTECNIA, 20., 2010, Palmas. **Sustentabilidade e produção animal**: anais. Palmas: UFT: Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia, 2010. p. 167-173. Projeto/Plano de Ação: 01.06.10304-04.

PALHARES, J. C. P. **Qualidade da água em cisternas utilizadas na dessedentação de animais**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2010. 4 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado técnico, 481).

PALHARES, J. C. P.; COLDEBELLA, A. Monitoramento da qualidade da água no sistema integrado piscicultura-suinocultura em propriedades do Oeste Catarinense. **Agropecuária Catarinense**, v. 25, n. 1, p. 58-62, 2012.

PALHARES, J. C. P.; COLDEBELLA, L.; CURIOLETTI, F.; MULINARI, M. R. Monitoramento da qualidade da água da chuva em sistema de produção de suínos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS AGROPECUÁRIOS E AGROINDUSTRIAS, 2., 2011, Foz do Iguaçu. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011. v. 2., 1 CD-ROM.

PALHARES, J. C. P. Água: desafios hídricos na produção animal. **Agroanalysis**, v. 35, n. 3, p. 26-28, mar. 2015.

SILVA, A. de S.; PORTO, E. R. **Utilização e conservação dos recursos hídricos em áreas rurais do tropico semi-árido do Brasil**: tecnologias de baixo custo. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1982. 128 p. (EMBRAPA-CPATSA. Documentos, 14).

SOUZA, J. C. P. V. B.; OLIVEIRA, P. A. V. de; TAVARES, J. M. R.; BELLI FILHO, P.; ZANUZZI, C. M. das S.; TREMEA, S. L.; PEIKAS, F.; SQUEZZATO, N. C.; ZIMMERMANN, L. A.; SANTOS, M. A.; AMARAL, N. do. **Gestão da água na suinocultura.** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2016. 32 p.

TAVARES, J. M. R.; OLIVEIRA, P. A. V. de; BELLI FILHO, P. Sustentabilidade da suinocultura: reduções de consumo de água e de dejetos na produção animal. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 15., 2012, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ABES, 2012.

Capítulo 5

Gestão integrada de recursos hídricos

Azeneth Eufrausino Schuler

Jorge Enoch Furquim Werneck Lima

Marcus Aurélio Soares Cruz

Introdução

A meta 6.5 do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6 (ODS 6) – Implementação da Gestão Integrada dos Recursos Hídricos em Todos os Níveis – é tema do presente capítulo e está sendo discutida em quatro tópicos. No primeiro, que constitui a introdução, faz-se uma explanação geral sobre conceito, implementação e ferramentas da gestão integrada dos recursos hídricos (Girh); o segundo trata das condições e dos instrumentos necessários à implementação da Girh e sua adoção pelo Brasil; já o item três apresenta os desafios a serem superados e exemplos de contribuições da Embrapa à implementação da Girh; e, no quarto e último tópico, fazem-se as considerações finais com uma reflexão das perspectivas futuras para ampliar a contribuição da Empresa na efetivação da gestão hídrica integrada, participativa e descentralizada, especialmente no suporte em ciência, tecnologia e informações.

O conceito de gestão integrada desenvolveu-se ao longo da história, incorporando novos significados especialmente a partir das últimas décadas do século 20, quando a escalada de problemas ambientais no planeta levou à proposição da definição de desenvolvimento sustentável (Report..., 1987; Snellen; Schrevel, 2004). A Global Water Partnership (Integrated..., 2000, p. 22)² apresentou a seguinte definição de gestão integrada de recursos hídricos:

[...] um processo que promove o desenvolvimento e a gestão coordenados da água, das terras e dos recursos relacionados, de forma a maximizar o bem-estar social e econômico resultante de modo equitativo e sem comprometer com a sustentabilidade dos ecossistemas vitais.

² “IWRM is a process which promotes the co-ordinated development and management of water, land and related resources, in order to maximize the resultant economic and social welfare in an equitable manner without compromising the sustainability of vital ecosystems.”

Para implementar a gestão integrada, é necessário o desenvolvimento de um ambiente adequado, com legislação, políticas e planos de gestão, além do estabelecimento de uma infraestrutura institucional onde os instrumentos de gestão, as regras de funcionamento e os papéis dos diferentes atores estejam bem definidos. A Girh preconiza como ferramenta a participação social, o monitoramento e a avaliação da gestão hídrica, bem como a sua aplicação na menor unidade territorial possível, que é de bacia hidrográfica. As estratégias para capacitação das partes e para monitoramento da gestão devem ser estabelecidas, implementadas e constantemente atualizadas. A avaliação da gestão deve ocorrer com base em indicadores selecionados para demonstrar o progresso das medidas adotadas e seus efeitos para a qualidade do gerenciamento do sistema hídrico.

Gestão integrada de recursos hídricos

A gestão integrada de recursos hídricos (Girh), de acordo com Status... (2012), preconiza algumas condições para sua viabilização, como:

- A gestão intersetorial e a consideração aos múltiplos usos da água.
- O desenvolvimento de um ambiente habilitador da gestão.
- A descentralização e participação dos diferentes atores envolvidos.
- A criação de infraestrutura institucional: arcabouço legal e definição de papéis.
- Um sistema de informações sobre recursos hídricos para compartilhamento.

No Brasil, a formação do arcabouço legal e institucional para criação de um ambiente habilitador da Girh deu-se mediante a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (Brasil, 1997), conhecida como Lei das Águas, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) baseada nos princípios preconizados para a gestão integrada de recursos hídricos pelos documentos das Nações Unidas *The Dublin statement* (International Conference on Water and the Environment, 1992) e *Agenda 21* (United Nations Conference on Environment & Development, 1992). São fundamentos da PNRH (Brasil, 1997):

- A água é um bem de domínio público.
- A água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico.

- Em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais.
- A gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas.
- A bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da PNRH e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh).
- A gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do poder público, dos usuários e das comunidades.

Os objetivos e as diretrizes gerais da PNRH fazem menção clara à gestão integrada de recursos hídricos, bem como às necessidades das gerações atual e futuras. A Lei das Águas, ou Lei nº 9.433/97, também estabeleceu instrumentos para a gestão dos recursos hídricos e criou o Singreh, tendo como diretriz a gestão integrada, descentralizada e participativa. O caráter descentralizador da PNRH foi expresso pela criação de um sistema nacional que integra União e estados. Já a instalação de comitês de bacias hidrográficas, onde atuam as três instâncias dos poderes públicos (federal, estadual e municipal), usuários e sociedade civil, confere o caráter participativo ao sistema.

Os instrumentos de gestão integrada de recursos hídricos são (Status..., 2012):

- Avaliação de recursos hídricos (redes de monitoramento, técnicas de avaliação e de estudos de impactos ambiental – EIA).
- Comunicação e informação para promover a conscientização dos tomadores de decisão.
- Instrumentos de alocação de água, valoração de custos e benefícios e resolução de conflitos.
- Instrumentos regulatórios diretos (planos diretores de uso, regulamentos, etc.) e econômicos (preços e tarifas, impostos, subsídios, incentivos, multas, etc.).
- Tecnologia (pesquisa e desenvolvimento, diretrizes para avaliação e seleção de tecnologias).
- Financiamento, considerando que o investimento em Girh, pelos governos e setores privados, tem uma alta taxa de retorno para a sociedade.

No Brasil, a PNRH estabeleceu os instrumentos de gestão (Brasil, 1997):

- Os Planos de Recursos Hídricos.
- O enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água.
- A outorga dos direitos de uso de recursos hídricos.
- A cobrança pelo uso de recursos hídricos.
- A compensação a municípios.
- O Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

Além dos instrumentos, a Lei nº 9.433/97 define o Singreh, os papéis dos diferentes atores e sua participação. Integram o Singreh:

- O Conselho Nacional de Recursos Hídricos.
- A Agência Nacional de Águas.
- Os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal.
- Os Comitês de Bacia Hidrográfica.
- Os órgãos dos poderes públicos federal, estaduais, do Distrito Federal e municipais cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos.
- As Agências de Água.

O estabelecimento de um sistema de informações para coleta, organização e compartilhamento de dados de recursos hídricos é uma das condições para a gestão integrada. A lei da PNRH estabeleceu o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (Snirh), definido como “[...] um sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre recursos hídricos e fatores intervenientes em sua gestão” (Brasil, 1997, art. 25). Seus princípios incluem a descentralização da obtenção e produção de dados, a coordenação do sistema e a garantia de acesso a dados e informações a toda sociedade.

Desafios para a Girh e a contribuição da Embrapa

Nestes 20 anos da Lei nº 9.433/97 (Brasil, 1997), houve muitos avanços na gestão integrada de recursos hídricos, inclusive com a criação da Agência Nacional de Águas (ANA) pela Lei nº 9.984, em 2000, responsável por implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e com a função de órgão gestor dos re-

cursos hídricos da União, integrando o Sistema Nacional de Gestão de Recursos Hídricos (Singreh) (Brasil, 2000).

Em face das exigências da Girh de atuação intersetorial e de integração da gestão da água com a gestão do uso do solo, a Embrapa presta uma contribuição fundamental ao gerar conhecimentos e tecnologias que podem favorecer a adequada gestão desses recursos para o desenvolvimento do setor agropecuário, que inclui também a produção florestal, a pesca e a aquicultura.

A agricultura, sendo responsável por 54% do total de retiradas de água (Conjuntura..., 2017), pode representar um impacto importante sobre os recursos hídricos, mesmo com um cenário em que predomina a agricultura dependente de chuva. O relatório *Conjuntura das águas* (Conjuntura..., 2017) aponta que, em 2016, o total de retiradas de água para os diferentes setores alcançou $2.057 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, enquanto o consumo, que é a diferença entre o volume de retiradas e o volume de retorno, foi de $1.081 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. O setor agropecuário responde por 78% desse total de consumo, sendo 67% para irrigação e 11% para abastecimento animal. A maior participação no consumo, em comparação ao percentual de retiradas, diz respeito ao baixo retorno do volume retirado aos corpos hídricos, uma vez que grande parte da água aplicada na irrigação é evapotranspirada.

De acordo com o manejo adotado, os sistemas de produção tanto podem ser prejudiciais como benéficos aos serviços de água, quanto à sua qualidade, à sua disponibilidade e ao seu papel como habitat para a biodiversidade. Cumprindo sua missão como instituição de pesquisa agropecuária, a Embrapa tem gerado tecnologias para o manejo sustentável dos sistemas de produção, visando à melhoria do uso e da gestão integrada dos recursos hídricos. Seguindo a estrutura apresentada no documento *Conjuntura 2017* (Conjuntura..., 2017), foram selecionados alguns desafios sobre os quais a Embrapa tem gerado contribuições (soluções tecnológicas) relevantes, apresentados a seguir.

Gestão ambiental

Considerando os conflitos existentes entre as demandas dos setores usuários e a agenda ambiental, um dos desafios da Girh é aprimorar a relação de gestão de recursos hídricos com a agenda ambiental, buscando a internalização pelos setores econômicos de conceitos ambientais, como sustentabilidade, capacidade de suporte dos ecossistemas e serviços ecossistêmicos, de forma a alcançar uma

gestão realmente integrada e sustentável. Seguem as principais contribuições/soluções tecnológicas:

- [Ferramenta ARAquaGEO](#): análise espacial do risco ambiental de contaminação de recursos hídricos.
- Monitoramento e caracterização quali-quantitativa de bacias rurais (Projeto AgroHidro).
- Caracterização do comportamento hidrológico e parametrização de modelos aplicados em diferentes biomas brasileiros (Projeto SWAT-Cerrado e Projeto Rede Nacional de Bacias Experimentais e Representativas – ReHidro).
- Abordagem explícita para mapeamento de diferentes serviços ecossistêmicos e avaliação de impactos ambientais, inclusive sobre os recursos hídricos (MapES).
- Pagamentos por serviços ambientais: monitoramento e seleção de áreas.
- Diagnóstico do fluxo de sedimentos em suspensão em rios brasileiros.
- Avaliação de diferentes métodos de tratamento de água para consumo em comunidades rurais do Semiárido brasileiro (Sodis).

Gestão da demanda

Relacionada às práticas de uso racional da água, redução de perdas e controle da demanda, a gestão da demanda pelo setor agropecuário conta com valiosas contribuições da Embrapa na forma de modelos de suporte à decisão e estratégias para uso mais eficiente da água na agricultura. São elas:

- Mapeamento de áreas irrigadas no Brasil.
- IrrigaWeb: capacitação sobre uso e manejo da irrigação via web.
- Manejo de irrigação de baixo custo para agricultura familiar no Semiárido.
- Rede de Agricultura de Precisão: desenvolvimento tecnológico para melhorar precisão e uso de recursos na agricultura.

Segurança hídrica e avaliação de risco

Estes desafios são relacionados ao compromisso de garantir a oferta de água para abastecimento humano e para atividades produtivas de modo sustentável, redu-

zindo os riscos de eventos críticos (secas e cheias) associados à variabilidade e à mudança do clima, dentro do conceito de segurança hídrica. Seguem as principais soluções tecnológicas:

- Impactos das mudanças climáticas e da agricultura sobre os recursos hídricos em diversos biomas ([Rede AgroHidro](#) e [Projeto Chuva-Vazão](#)).
- Sistema de indicadores de sustentabilidade hídrica da cana-de-açúcar.
- [Geo-Hidro Pantanal](#): portal de informações hidrológicas da Bacia do Alto Paraguai-Pantanal; notícias locais sobre riscos de cheias, o que permite planejar o deslocamento de rebanhos.
- Zoneamento da disponibilidade e da demanda hídrica para a agricultura no bioma Cerrado (Projeto Chuva-Vazão).
- Zoneamento Agrícola de Risco Climático (Zarc).
- [Zoneamentos agroecológicos](#), incluindo a aptidão de terras para a irrigação.
- Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação (SiBCTI).
- [Barragem subterrânea](#): tecnologia de captação e armazenamento de água de chuva para produção de alimentos.
- [Barraginhas](#).
- Simulação de mudanças climáticas regionalizadas em culturas de frutas no Semiárido, impactos e adaptação.
- Cisternas rurais.
- Captação de água de chuva in situ.

Águas subterrâneas

Refere-se à integração entre a gestão de águas superficiais e subterrâneas. A Embrapa tem resultados que podem contribuir para a mitigação de impactos da agricultura sobre as águas subterrâneas e melhoria do planejamento territorial em zonas de aquíferos. Seguem as principais contribuições/soluções tecnológicas:

- ARAquá 2014 – ARAquá – Avaliação de Risco Ambiental de Agrotóxico.
- Simulação numérica da presença de contaminantes orgânicos em solo e águas (Paraíba; Pulino, 2003).

Aprimoramento do processo participativo

Vários comitês foram instalados em bacias do País, mas muitas encontram dificuldades operacionais, além de problemas de representatividade. A atuação da Embrapa refere-se ao provimento de informações e conhecimentos técnicos em várias instâncias em que tem sido convidada a participar do Singreh, como a Comissão Nacional de Recursos Hídricos, algumas comissões de recursos hídricos estaduais e do Distrito Federal, e comitês de bacias para a resolução de conflitos de uso da água. Outras atuações:

- Participação no Conselho Nacional de Recursos Hídricos, em conselhos estaduais e do Distrito Federal de recursos hídricos, e em comitês de bacias (CBH: Paranoá, Baía da Guanabara, Jaguaribe, Afluentes do Preto no Distrito Federal, etc.).
- Aplicação de metodologias participativas e construção de conhecimento em bacias hidrográficas rurais, voltadas à conservação do solo e da água, e manejo dos sistemas de produção.

Considerações finais

Frente aos desafios apontados no relatório *Conjuntura 2017* (Conjuntura..., 2017), e as contribuições atuais da Embrapa à gestão integrada de recursos hídricos, abrem-se muitas oportunidades para a pesquisa agropecuária atuar na melhoria da gestão integrada de recursos hídricos.

Na condição de instrumento de gestão, os planos de recursos hídricos, que devem ser formulados para estados e bacias, podem contar com uma contribuição efetiva da Embrapa. O desenvolvimento de estudos para caracterização de bacias – suas dinâmicas territoriais, ecossistêmicas e biogeoquímicas, bem como seus sistemas de produção – permite a disponibilização de informações importantes para a formulação ou revisão dos Planos de Bacias pelos comitês. Um exemplo dessa contribuição é o [Programa Nacional de Solos \(PronaSolos\)](#), sob coordenação do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), que tem a Embrapa como braço executivo, por meio da Embrapa Solos. Contando com uma rede de instituições de todo o País, o PronaSolos produzirá informações e mapas de solos em escalas compatíveis com o planejamento de uso das terras no território nacional, iniciando por áreas prioritárias. Muitas das áreas selecionadas como prioritárias são bacias hidrográficas responsáveis pela oferta hídrica às popula-

ções e aos setores produtivos. Mapas de solos em escalas compatíveis para a elaboração de Planos de Bacias é uma demanda antiga do setor de recursos hídricos.

O Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (Snirh) também abre um grande leque para atuação da Empresa. Algumas das informações e tecnologias sobre recursos hídricos geradas em redes de pesquisa da Embrapa, como a [Rede AgroHidro](#) e os portfólios Mudanças Climáticas, Combate à Seca, Agricultura Irrigada e Aquicultura, por exemplo, poderiam ser integrados à base de informações no Snirh. Esses resultados podem ser utilizados para a capacitação e informação de representantes da sociedade civil e de usuários, utilizados pelos agricultores e pela população em geral, pelos órgãos gestores estaduais e municipais e pelo Ministério Público.

O compartilhamento de informações e conhecimento sobre o funcionamento de bacias hidrográficas e tecnologias de gestão e manejo na agricultura contribui para a formação de capacidades e aprimoramento da participação dos membros em comitês e conselhos de recursos hídricos. Ações conjuntas de capacitação podem ser promovidas cooperativamente pela Embrapa em parceria com a ANA, órgãos gestores estaduais ou comitês de bacias, universidades e outras instituições, possibilitando uma atuação mais efetiva no estabelecimento de ambientes de formação em Girh nas bacias hidrográficas, condição essencial para a gestão descentralizada, participativa e baseada em conhecimento.

Referências

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. **Diário Oficial [da] República Federativa da União**, 9 jan. 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm>. Acesso em: 8 fev. 2018.

BRASIL. Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 18 jul. 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9984.htm>. Acesso em: 8 fev. 2018.

CONJUNTURA dos recursos hídricos no Brasil 2017: relatório pleno. Brasília, DF: Agência Nacional de Águas, 2017. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/relatorio-conjuntura-2017.pdf>>. Acesso em: 8 fev. 2018.

INTEGRATED water resources management. Stockholm: Global Water Partnership, 2000. 67 p. (TAC background papers, 4). Disponível em: <<http://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/>>

publications/ background-papers/04-integrated-water-resources-management-2000-english.pdf>. Acesso em: 8 jan. 2018.

INTERNATIONAL CONFERENCE ON WATER AND THE ENVIRONMENT: DEVELOPMENT ISSUES FOR THE 21ST CENTURY, 1992, Dublin. **The Dublin Statement and Report of the Conference**. Geneva: World Meteorological Organization, 1992. Disponível em: <<https://www.ircwash.org/sites/default/files/71-ICWE92-9739.pdf>>. Acesso em: 8 fev. 2018.

PARAÍBA, L. C.; PULINO, P. **Simulação numérica da dispersão-advecção de pesticidas no solo sob efeito da temperatura**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. 45 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 35). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/14527/simulacao-numerica-da-dispersao-adveccao-de-pesticidas-no-solo-sob-efeito-da-temperatura>>. Acesso em: 23 fev. 2018.

REPORT to the World Commission on Environment and Development: our common future. [S.I.]: United Nations, 1987. Disponível em: <<http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>>. Acesso em: 8 fev. 2018.

SNELLEN, W. B.; SCHREVEL, A. **IWRM**: for sustainable use of water: 50 years of international experience with the concept of integrated water management. Wageningen: Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality, the Netherlands, 2004. (Alterra-report, 1143). Background document to the FAO/ Netherlands Conference on Water for Food and Ecosystems. Disponível em: <<http://edepot.wur.nl/30428>>. Acesso em: 8 fev. 2018.

STATUS report on the application of integrated approaches to water resources management. Nairobi: United Nations Environment Programme, 2012. 106 p. Disponível em: <http://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/un_water_status_report_2012.pdf>. Acesso em: 8 fev. 2018.

UNITED NATIONS CONFERENCE ON ENVIRONMENT & DEVELOPMENT, 1992, Rio de Janeiro. **Agenda 21**. Rio de Janeiro: United Nations Sustainable Development, 1992. Disponível em: <<https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/Agenda21.pdf>>. Acesso em: 8 fev. 2018.

Capítulo 6

Conservação de ecossistemas e provisão de água

Rachel Bardy Prado

Joyce Maria Monteiro

Luciano Cordoval de Barros

Lucília Maria Parron

Mariana Silveira Guerra Moura e Silva

Paulo Eduardo de Aquino Ribeiro

Ricardo de Oliveira Figueiredo

Introdução

Neste capítulo é apresentado um panorama das pressões antrópicas sobre os recursos hídricos e seus ecossistemas, algumas estratégias de conservação desses recursos para a produção de água, bem como um retrato das ações da Embrapa com potencial para contribuir no alcance da meta 6.6 do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6 (ODS 6): proteger e restaurar ecossistemas relacionados com a água, incluindo montanhas, florestas, zonas úmidas, rios, aquíferos e lagos até 2020.

As soluções tecnológicas que a pesquisa da Embrapa tem gerado estão relacionadas à redução dos processos erosivos e de sedimentação dos corpos hídricos; ao planejamento, monitoramento e valoração de serviços ecossistêmicos, com destaque para os hídricos; às práticas conservacionistas com reflexos na manutenção da quantidade e qualidade da água, entre outros.

Este capítulo mostra para a sociedade esses resultados de pesquisas, que muito têm contribuído para a melhoria da qualidade de vida do homem no campo, assim como constituem veículo para atrair novos parceiros que possam fortalecer essas ações.

Escassez hídrica e pressões sobre os serviços ecossistêmicos hidrológicos

Embora possua grandes reservas de água doce, incluindo parte majoritária do maior aquífero do mundo – Aquífero Guarani (70,0%) –, o Brasil está sujeito à distribuição da água de forma não homogênea, tanto no espaço (região Norte

68,5%, região Centro-Oeste 15,7%, região Sul 6,5%, região Sudeste 6,0% e região Nordeste 3,3%) quanto no tempo (algumas regiões têm seu regime de chuvas concentrado em poucos meses, seguidos de longo período de estiagem e rios intermitentes). Também a concentração da população e a demanda hídrica são diferenciadas. A distribuição de renda, a gestão hídrica, o montante de investimentos em infraestrutura e recursos humanos e outros aspectos socioeconômicos podem também influenciar na disponibilidade dos recursos hídricos. Essas diferenças naturais e sociais são em parte responsáveis pela situação de escassez hídrica em algumas regiões do País (Prado et al., 2017).

Os serviços ecossistêmicos hidrológicos são definidos como os benefícios oferecidos pelos ecossistemas de água doce e terrestres, que incluem o abastecimento de água doce, a regulação da qualidade da água, a mitigação das cheias, o controle da erosão e os serviços culturais relacionados à água (Brauman et al., 2007; Terrado et al., 2009).

As principais pressões de origem antrópica sobre os serviços ecossistêmicos estão relacionadas à dinâmica de uso e cobertura da terra, às alterações nos ciclos biogeoquímicos, à destruição e fragmentação dos ambientes, à introdução de novas espécies e às interferências das atividades humanas nos recursos naturais e clima (Sala et al., 2000). No Brasil, as perdas de ambientes naturais seriam de 15% a 18% no bioma Amazônia, de 50% nos biomas Cerrado, Pampas e Caatinga e de 88% na Mata Atlântica (Relatório..., 2012). Destacam-se ainda o desmatamento de Áreas de Preservação Permanente (APPs), a construção inadequada de estradas, o manejo das terras sem os cuidados conservacionistas que se revertem em pressões sobre os recursos hídricos (Sparovek et al., 2010; Soares-Filho et al., 2014). Como consequência, as perdas de solos anuais no Brasil são da ordem de 500 milhões de toneladas pela erosão, ocasionando a perda média da capacidade de armazenamento dos reservatórios bastante elevada, da ordem de 0,5% ao ano, o que tem contribuído para que muitos rios cheguem ao mar com uma vazão muito reduzida, em razão do assoreamento, como é o caso dos rios Paraíba do Sul e do São Francisco, essenciais para o abastecimento de água de grande parte da população brasileira (Prado et al., 2017).

As fontes de poluentes também são uma ameaça aos recursos hídricos, na forma de esgotos domésticos e industriais (pontuais) e dos resíduos provindos da agropecuária (difusas). Como resultado, ocorrem a contaminação e diminuição da biodiversidade aquática, levando a impactos negativos à saúde e abastecimento de água humano. As pressões antrópicas e das mudanças climáticas nos recursos hídricos podem ser transfronteiriças, podendo haver até mesmo influência de um

bioma em outro, como mostra o estudo recente de Bergier et al. (2018) em relação à influência da Amazônia no controle de chuvas no Pantanal.

Estratégias de conservação dos ecossistemas para a produção de água

As florestas tropicais possuem ambientes ricos em recursos naturais e estão sob a influência de uma gama de fatores biofísicos, que contribuem para a provisão de diversos serviços ecossistêmicos. É possível que as florestas sejam os ambientes que mais proporcionam benefícios à humanidade, pois esses benefícios são também sistêmicos, havendo sinergias entre eles (Locatelli et al., 2014). Protegendo as florestas, a proteção dos serviços ecossistêmicos é assegurada (Arriagada; Perrings, 2009).

Apesar das pressões decorrentes do uso e cobertura da terra pela agricultura e pecuária, sobre os serviços ecossistêmicos (Ferreira et al., 2014; Lapola et al., 2014) (Figura 1), o Brasil tem se destacado em medidas, políticas e legislação ambientais para a conservação dos ecossistemas. Como exemplo de leis e políticas, pode ser destacada a lei de proteção da vegetação nativa (Brasil, 2012), que estabelece a preservação de áreas permanentes como as matas ciliares e uma área de reserva legal nas propriedades rurais. Também o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (Snuc) (Brasil, 2000) estabelece um conjunto de unidades de conservação (UC) federais, estaduais e municipais, cobrindo cerca de 20% do território nacional (Hassler, 2005).

O ICMS Ecológico é um exemplo de mecanismo financeiro de incentivo à conservação no nível municipal. Consiste em um mecanismo tributário que possibilita aos municípios o acesso a parcelas – maiores que aquelas a que já têm direito – dos recursos financeiros arrecadados pelos estados, por meio do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), em razão do atendimento de determinados critérios ambientais estabelecidos em leis estaduais (Novion; Vale, 2009; Mattos; Hercowitz, 2011). Ressaltam-se também alguns métodos de extração madeireira, da pesca, de fibras e de frutos de forma sustentável nos diferentes biomas brasileiros, com destaque para a Amazônia (Becker, 2006; Gariglio et al., 2010), agregando valor à produção de pequenos produtores rurais. Com relação aos recursos hídricos, a [Lei nº 9.433, de 1997](#), estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), prevendo diversos instrumentos de gestão integrada e participativa no âmbito de comitês de bacias hidrográficas.



Figura 1. Dinâmica do uso da terra sobre os serviços ecossistêmicos.

Embora a conservação do solo não tenha sido considerada uma prioridade nas agendas governamentais no passado (Guerra et al., 2014), foram desenvolvidos pela Embrapa muitos sistemas de produção agrícola, focados na conservação dos solos, os quais estão atualmente em uso no Brasil, tais como o Sistema Plantio Direto (SPD), Sistema Integrado de Lavoura-Pecuária (ILP) e de Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) (Machado; Silva, 2001).

Em razão do compromisso voluntário em 2009, assumido pelo Brasil durante a 15^a Conferência das Partes (COP-15), de redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) pela agropecuária, projetada para 2020, foi estabelecida a Política Nacional sobre Mudanças do Clima (Brasil, 2009), que, por sua vez, gerou o Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para Consolidação de uma Economia e Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Plano ABC). Na agricultura familiar, novos sistemas integrados com base ecológica têm sido adotados, tais como a agricultura orgânica, a agroecologia e os sistemas agroflorestais (Martinelli et al., 2010; Porro; Miccolis, 2011), os quais permitem maior sustentabilidade da paisagem rural, agregação de renda ao pequeno produtor rural, manutenção dos serviços ecossistêmicos, além de maior segurança alimentar. Consequentemente, o uso conservacionista do solo e da água induz a utilização

adequada de fertilizantes e a redução da utilização de pesticidas, além de ações conservacionistas para redução dos processos erosivos e assoreamentos dos corpos hídricos. No entanto, há muitos desafios para que as políticas e leis sejam efetivas e que a escala de atuação de programas e projetos conservacionistas seja ampliada, contemplando as grandes extensões do Brasil, um país continental, e tornando realidade o uso sustentável dos recursos naturais (Sparovek et al., 2010; Grisa; Schneider, 2015).

Soluções tecnológicas e impactos potenciais

Como missão, a Embrapa busca contribuir, a partir dos resultados de suas pesquisas, com o desenvolvimento da agricultura, mas também assegurar a sustentabilidade do meio ambiente. Dessa forma, as tecnologias e soluções da Embrapa voltadas à conservação de ecossistemas e produção das águas são muitas, sendo geradas, validadas, disseminadas e adotadas por diferentes setores da sociedade. Algumas delas são apresentadas na sequência, mas longe de esgotar o rol de soluções tecnológicas voltadas ao tema deste capítulo.

Barraginha

A Barraginha é uma tecnologia desenvolvida pela Embrapa Milho e Sorgo com o objetivo de captar a água das chuvas, eliminando as enxurradas e proporcionando infiltração gradativa dessa água em toda a propriedade rural, o que contribui para amenizar os efeitos negativos da estiagem e viabiliza o [plantio das culturas](#). Trata-se de uma pequena bacia escavada (Figura 2) que enche e esvazia várias vezes ao longo da estação chuvosa. Geralmente mede 16 m de diâmetro, podendo variar de acordo com o tipo de solo (Barros; Ribeiro, 2009). Várias barraginhas devem ser abertas em vários locais da propriedade, onde ocorrem enxurradas significativas, nas pastagens e lavouras. O conjunto de barraginhas provoca a elevação do lençol freático, aumentando a disponibilidade de água, que pode ser percebida pela elevação do nível de água nas cisternas tipo cacimbão (Figura 3), pelo umedecimento das baixadas, proporcionando o surgimento de [minadouros](#) e a revitalização de córregos e rios.

Biomonitoramento em sistemas aquáticos

A Embrapa Meio Ambiente vem trabalhando nos últimos 14 anos o biomonitoramento com macroinvertebrados bentônicos em ecossistemas naturais (rios e



Figura 2. Barraginhas escavadas (A) e barraginha com plantio de culturas (B).



Figura 3. Elevação do nível de água nas cisternas tipo cacimbão.

lagos) (Silveira et al., 2005) e sistemas de produção aquícola (tanques-rede em reservatórios e viveiros escavados) (Silva et al., 2016). Os macroinvertebrados bentônicos são organismos aquáticos que vivem associados/habitam no fundo de rios e lagos, isto é, que habitam o fundo de rios e lagos aderidos a pedras, cascalhos e folhas, ou enterrados na lama ou areia (Queiroz et al., 2008). São organismos sensíveis à poluição ou degradação dos ecossistemas aquáticos (Figura 4), por isso

são capazes de refletir de maneira integrada os impactos ocorridos na água e no ambiente de entorno, por um prazo maior do que as variáveis físicas e químicas medidas rotineiramente. Dentre os compartimentos do ecossistema aquático, os sedimentos de lagos e viveiros de criação de peixes são frequentemente os que mais acumulam matéria orgânica e outros poluentes, e o último repositório (local) de contaminantes antropogênicos (ação humana) (Batley; Maher, 2001). É importante que sejam estabelecidas parcerias com os produtores aquícolas para a difusão do método e para que eles possam – ainda que de maneira superficial – fazer o diagnóstico da qualidade de sua água a um menor custo. Uma ferramenta bastante utilizada em ecossistemas naturais e que está sendo testada na piscicultura de viveiros escavados é o biomonitoramento com coletores com substrato artificial, cuja metodologia de confecção e aplicação é detalhada em Silva et al. (2012). Na aquicultura, uma água de boa qualidade significa um produto final saudável, além de minimizar os impactos na água fora dos empreendimentos. Os desafios encontrados são principalmente conhecer a fauna bentônica colonizadora dos corpos hídricos associados ao sistema aquícola, e identificar quais as alterações esperadas na estrutura dessa comunidade aquática em caso de implantação da atividade.



Foto: Mariana Silveira Guerra Moura e Silva

Figura 4. Ecossistemas aquáticos.

Monitoramento do solo e da água em sistemas de produção conservacionistas

A Embrapa, de forma participativa com técnicos e agricultores, tem efetuado pesquisas sobre o monitoramento de parâmetros de qualidade da água, clima, solos e o estoque de carbono em áreas de referência e em sistemas agropecuários, com a adoção de práticas conservacionistas do solo e da água no estado do Rio de Janeiro, RJ. Pesquisas estas que estão permitindo a identificação de um conjunto de indicadores ambientais capazes de avaliar e monitorar os impactos desses sistemas nos solos e nos recursos hídricos de microbacias, por meio da correlação entre o uso e a cobertura da terra e os sistemas de produção agropecuários. As informações geradas poderão subsidiar o planejamento agroambiental e a formulação de políticas públicas, bem como gerar informações para os programas de compensação por serviços ambientais (Monteiro et al., 2017).

Ferramentas para avaliação e valoração de serviços ecossistêmicos hídricos

A identificação e a mensuração dos serviços ecossistêmicos (SEs) e desserviços ecossistêmicos (DEs) permitem traduzir os benefícios e prejuízos ao bem-estar para a métrica monetária (Zhang et al., 2007; Costanza et al., 2014). Isso é possível porque os SEs têm valor positivo para a sociedade, e os DEs representam uma perda (custo negativo) e, portanto, ambos são passíveis de valoração. Todavia, nem sempre é possível apresentar o resultado da valoração na métrica monetária. Por isso, a identificação ou mensuração biofísica dos SEs e DEs são um avanço em termos de informação disponível para a tomada de decisão. A Embrapa Florestas e a Universidade Federal do Paraná (UFPR) desenvolveram duas ferramentas, uma para avaliar SEs em sistemas produtivos e outra para valoração na métrica monetária. A primeira utiliza gráficos do tipo radar. Para isso, é necessário ter previamente uma base de dados contendo os valores de SEs na mesma unidade de área e/ou tempo. Cada sistema é representado num gráfico em que os indicadores dos SEs são comparados entre si. Para que isso ocorra, os valores para cada eixo são relativos aos valores máximos para cada serviço avaliado. Um eixo completo do gráfico representa a provisão máxima de serviços no sistema, enquanto uma porção menor representa uma redução na provisão de SEs em relação àquele serviço fornecido por outro sistema (Syswerda; Robertson, 2014). Os sistemas em que ocorre maior provisão de SEs associados aos recursos hídricos – como taxa de infiltração da água no solo, perdas de solo, água e nitrato, volume de escoamento

superficial, redução da erosão (que afetam diretamente a qualidade de água e o aumento de vazão hídrica de cursos de água) – são percebidos como sendo mais sustentáveis. A ferramenta de valoração econômica é uma planilha desenvolvida para cálculo do valor de bens não mensuráveis no mercado econômico. O valor é o produto da quantidade de SEs pelo seu respectivo preço. A valoração das perdas de solo, água e nitrato, volume de escoamento superficial, bem como redução da erosão é realizada com base no método custos de reposição (Garcia et al., 2015). O método consiste em estimar os custos econômicos de reposição de nutrientes do solo em áreas produtivas, e o objetivo da valoração é reverter a degradação do solo e seus efeitos nos recursos hídricos. As limitações da ferramenta podem ser os baixos valores dos indicadores avaliados e a obtenção dos preços de mercado dos insumos.

Manual para pagamento por serviços ambientais hídricos

O manual está disponibilizado, em linguagem acessível, visando

[...] aprofundar conhecimentos, promover a identificação de áreas prioritárias à intervenção, a seleção de indicadores e diretrizes para o monitoramento, e assim contribuindo para um ambiente mais adequado para a aplicação de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) hídricos, identificando como e quando utilizá-lo com segurança e garantindo, a efetividade de seu uso. (Fidalgo et al., 2017).

Sistema rotacional para a agricultura familiar na Amazônia

Pesquisas da Embrapa na Amazônia Oriental confirmam o ganho em produtividade e o ganho ambiental quando o sistema tradicional na agricultura familiar com o preparo de área de plantio pela derruba-e-queima da vegetação de pousio (capoeiras/vegetação secundária) é substituído pelo preparo de área por corte-e-trituração da biomassa acima do solo (Davidson et al., 2008; Figueiredo et al., 2013). Nesse sistema rotacional com base no uso da vegetação secundária (capoeira), a permanência das raízes no solo promove a formação de “redes protetoras”, reduzindo a lixiviação de nutrientes, evitando a perda destes e a contaminação dos corpos d’água vizinhos (Sommer et al., 2004).

Avaliações em microbacias apontaram que essa situação é também detectada em nível de paisagem e potencializada pela presença de vegetação ciliar ao longo

dos igarapés (riachos amazônicos) (Figura 5), evitando maior transporte de nutrientes e sedimentos para os cursos de água. Ao comparar uma microbacia com derruba-e-queima com outra com corte-e-trituração, as avaliações hidrológicas concluíram ter esta última microbacia uma menor variação do nível estático entre períodos chuvoso e seco, e, consequentemente, uma maior capacidade de recarga subterrânea (Wickel, 2004). Consequentemente, as vazões são maiores no igarapé em área triturada comparado ao igarapé em área queimada, já que as vazões são principalmente reguladas pela água subterrânea armazenada. Além disso, observaram-se alterações importantes na composição química das águas fluviais na microbacia com áreas queimadas, ocorrendo entradas significativas de cálcio e magnésio, disponibilizados pelas cinzas, nas águas do igarapé, e alterando assim as características físico-químicas deste ecossistema e o seu funcionamento (Comte et al., 2012, 2013). Diante desses resultados, recomendam-se como ferramentas para uma agricultura sustentável e gestão das bacias na região: a conservação da vegetação ripária, hoje em sua maior parte de vegetação secundária; a substi-

Foto: Ricardo de Oliveira Figueiredo



Figura 5. Vegetação ciliar ao longo dos riachos amazônicos.

tuição de práticas como o uso do fogo por técnicas sustentáveis de produção; e cuidados quanto ao uso de agroquímicos (Figueiredo, 2009).

Considerações finais

Muitas medidas (leis e políticas) têm sido estabelecidas nas últimas décadas pensando na conservação dos ecossistemas, contudo, o ritmo da degradação é elevado e são necessários esforços no intuito de colocar leis e políticas em prática. Vale salientar que é importante aumentar a percepção de todos os setores da sociedade de que os serviços que os ecossistemas prestam ao homem são esgotáveis.

A Embrapa, com sua pesquisa voltada para a sustentabilidade da agricultura, possui papel de extrema relevância nesse cenário, podendo contribuir com suas diversas soluções tecnológicas, para a reversão do quadro de degradação dos serviços ecossistêmicos, com destaque para a água, para um quadro de uma agropecuária mais consciente e sustentável, com ganhos também ambientais e sociais, além dos econômicos. Para tal, é preciso se aliar aos diferentes setores público e privado para avançar ainda mais em soluções de baixo custo e de fácil aplicação.

Referências

- ARRIAGADA, R.; PERRINGS, C. **Making payments for ecosystem services work**. Nairobi: UNEP, 2009.
- BARROS, L. C. de; RIBEIRO, P. E. de A. **Barraginhas**: água de chuva para todos. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 49 p. il. (ABC da agricultura familiar, 21). Disponível: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/128246/1/ABC-Barraginhas-agua-de-chuva-para-todos-ed01-2009.pdf>>. Acesso: 31 jan. 2018.
- BATLEY, G.; MAHER, W. A. The development and application of ANZECC and ARMCANZ Sediment quality Guidelines. **Australasian Journal of Ecotoxicology**, v. 7, p. 81-92, Jan. 2001.
- BECKER, B. **Amazônia**: geopolítica na virada do III milênio. Rio de Janeiro: Garamond, 2006.
- BERGIER, I.; ASSINE, M. L.; McGLUE, M. M.; ALHO, C. J. R.; SILVA, A.; GUERREIRO, R. L.; CARVALHO, J. C. Amazon rainforest modulation of water security in the Pantanal wetland. **Science of the Total Environment**, v. 619-620, p. 1116-1125, Apr. 2018. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.11.163.
- BRASIL. Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 30 dez. 2009. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm>. Acesso em: 5 mar. 2018.
- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 26 maio. 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 5 mar. 2018.

Oficial da União, 28 maio 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 5 mar. 2018.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 19 jul. 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9985.htm>. Acesso em: 5 mar. 2018.

BRAUMAN, K. A.; DAILY, G. C.; DUARTE, T. K.; MOONEY, H. A. The nature and value of ecosystem services: an overview highlighting hydrologic services. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 32, p. 67-98, Nov. 2007. DOI: 10.1146/annurev.energy.32.031306.102758.

COMTE, I.; DAVIDSON, R.; LUCOTTE, M.; CARVALHO, C. J. R. de C.; OLIVEIRA, F. de A.; SILVA, B. P. da; ROUSSEAU, G. X. Physicochemical properties of soils in the Brazilian Amazon following fire-free land preparation and slash-and-burn practices. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 156, p. 108-115, Aug. 2012. DOI: 10.1016/j.agee.2012.05.004.

COMTE, I.; LUCOTTE, M.; DAVIDSON, R.; CARVALHO, C. J. R. de; OLIVEIRA, F. de A.; ROUSSEAU, G. X. Impacts of land uses on mercury retention in long-time cultivated soils, Brazilian Amazon. **Water, Air, and Soil Pollution**, v. 224, n. 4, p. 1515-1529, Apr. 2013. DOI: 10.1007/s11270-013-1515-3.

COSTANZA, R.; GROOT, R. de; SUTTON, P.; PLOEG, S. van der; ANDERSON, S.J.; KUBISZEWSKI, I.; FARBER, S.; TURNER, R. K. Changes in the global value of ecosystem services. **Global Environmental Change**, v. 26, n. 1, p. 152-158, May 2014. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002.

DAVIDSON, E. A.; SÁ, T. D. A. de; CARVALHO, C. J. R.; FIGUEIREDO, R. de O.; KATO, M. do S. A.; KATO, O. S.; ISHIDA, F. Y. An integrated greenhouse gas assessment of an alternative to slashand-burn agriculture in eastern Amazonia. **Global Change Biology**, v. 14, n. 5, p. 998-1007, May 2008. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2008.01542.x.

FERREIRA, L. G.; SOUSA, S. B.; ARANTES, A. E. **Radiografia das pastagens do Brasil**. Goiânia: LAPIG/ UFG, 2014.

FIDALGO, E. C. C.; PRADO, R. B.; TURETTA, A. P. D.; SCHULER, A. E. **Manual para pagamento por serviços ambientais hídricos**: seleção de áreas e monitoramento. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 80 p. Disponível: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/160960/1/Manual-PSA-hidricos-2017.pdf>>. Acesso em: 31 jan. 2017.

FIGUEIREDO, R. de O. Processos hidrológicos e biogeoquímicos em bacias hidrográficas sob usos agrícola e agroflorestal na Amazônia Brasileira. In: PORRO, R. (Ed.). **Alternativa agroflorestal na Amazônia em transformação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2009. p. 477-500.

FIGUEIREDO, R. de O.; BÖRNER, J.; DAVIDSON, E. A. Watershed services payments to smallholders in the Brazilian Amazon: challenges and perspectives. **Revista Ambiente e Água**, v. 8, n. 2, p. 6-17, 2013. DOI: 10.4136/ambi-agua.1056.

GARCIA, J. R.; REIS, J. C. dos; MOREIRA, J. M. M. A. P.; FERRONATO, C. Considerações teórico-metodológicas sobre o processo de valoração dos recursos naturais. In: PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B. de; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. (Ed.). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 191-198.

GARIGLIO, M. A.; SAMPAIO, E.; CESTARO, KAGEYAMA, L. A. (Org.). **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga**. Brasília, DF: Serviço Florestal Brasileiro, 2010. 368 p.

GRISA, C.; SCHNEIDER, S. **Políticas públicas de desenvolvimento rural no Brasil**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2015. 624 p.

GUERRA, A. J. T.; FULLEN, M. A.; JORGE, M. C. O.; ALEXANDRE, S. T. Soil erosion and conservation in Brazil. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 37, p. 81-91, 2014. DOI: 10.11137/2014_1_81_91.

HASSLER, M. L. A importância das Unidades de Conservação no Brasil. **Sociedade e Natureza**, v. 17, n. 33, p. 79-89, dez. 2005.

LAPOLA, D. M.; LAPOLA, D. M.; MARTINELLI, L. A.; PERES, C. A.; OMETTO, J. P. H. B.; FERREIRA, M. E.; NOBRE, C. A.; AGUIAR, A. P. D.; BUSTAMANTE, M. M. C.; CARDOSO, M. F.; COSTA, M. H.; JOLY, C. A.; LEITE, C. C.; MOUTINHO, P.; SAMPAIO, G.; STRASSBURG, B. B. N.; VIEIRA, I. C. G. Pervasive transition of the Brazilian land-use system. **Nature Climate Change**, v. 4, p. 27- 35, 2014. DOI: 10.1038/nclimate2056.

LOCATELLI, B.; IMBACH, P. WUNDER, S. Synergies and trade-offs between ecosystem services in Costa Rica. **Environmental Conservation**, v. 41, n. 1, p. 27-36, Mar. 2014. DOI: 10.1017/S0376892913000234.

MACHADO, P. O. L. A.; SILVA, C. A. Soil management under no-tillage systems in the tropics with special reference to Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 61, n. 1-2, p. 119-130, Sept. 2001. DOI: 10.1023/A:1013331805519.

MARTINELLI, L. A.; NAYLOR, R.; VITOUSEK, P. M.; MOUTINHO, P. Agriculture in Brazil: impacts, costs, and opportunities for a sustainable future. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 2, n. 5-6, p. 431-438, 2010. DOI: 10.1016/j.cosust.2010.09.008.

MATTOS, L. M. de; HERCOWITZ, M. (Ed.). **Economia do meio ambiente e serviços ambientais:** estudo aplicado à agricultura familiar, às populações tradicionais e aos povos indígenas. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2011.

MONTEIRO, J. M. G.; SCHULER, A. E.; PRADO, R. B.; FIDALGO, E. C. C.; TURETTA, A. P. D.; MARTINS, A. L. S.; OLIVEIRA, A. P.; DONAGEMMA, G. K. Soil and water management for ecosystem services provision in agricultural landscapes: the challenge of monitoring. In: NEHREN, U.; SCHLÜTER S.; RAEDIG, C.; SATTLER, D.; HISSA, H. (Ed.). **Strategies and tools for a sustainable rural Rio de Janeiro**. [S.l.]: Springer, 2017. In press.

NOVION, H. de; VALLE, R. do. **É pagando que se preserva?**: subsídios para políticas públicas de compensação por serviços ambientais. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2009. 343 p.

PORRO, R.; MICCOLIS, A. (Org.). **Políticas públicas para o desenvolvimento agroflorestal no Brasil**. Belém, PA: ICRAF, 2011. 80 p.

PRADO, R. B.; FORMIGA-JOHNSON, R. M.; MARQUES, G. F. Uso e gestão da água: desafios para a sustentabilidade no meio rural. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 43, n. 2, p. 43-48, maio/ago. 2017.

QUEIROZ, J. F. de; SILVA, M. S. G. M. e; SILVINHO-STRIXINO, S. **Organismos bentônicos:** biomonitoramento de qualidade de água. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2008. 91 p. Disponível: <<http://www.cnpma.embrapa.br/download/LivroBentonicos.pdf>>. Acesso em: 31 jan. 2018.

RELATÓRIO técnico de monitoramento do desmatamento no bioma Cerrado, 2002 a 2008: dados revisados. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2009. 71 p. Acordo de cooperação técnica MMA/IBAMA/PNUD. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/>

[arquivos/relatorio_tecnico_monitoramento_desmate_bioma_cerrado_csr_rev_72_72.pdf](#)>. Acesso em: 10 dez. 2017.

SALA, O. E.; CHAPIN, F. S.; ARRESTO, J. J.; BERLOW, E.; BLOOMFIELD, J.; DIRZO, R.; HUBER-SANWALD, E.; HUENNEKE, L. F.; JACKSON, R.; KINZIG, A.; LEEMANS, R.; LODGE, D.; MOONEY, H. A.; OESTERHELD, M.; POFF, L. T.; SYKES, M.; WALKER, B. H.; WALKER, M.; WALL, D. Global biodiversity scenarios for the year 2100. **Science**, v. 287, n. 5459, p. 1770-1774, 2000. DOI: 10.1126/science.287.5459.1770.

SILVA, M. S. G. M. e; GRACIANO, T. S.; LOSEKANN, M. E.; LUIZ, A. J. B. Assessment of benthic macroinvertebrates at Nile tilapia production using artificial substrate samplers. **Brazilian Journal of Biology**, v. 76, n. 3, p. 735-742, July/Sept. 2016. DOI: 10.1590/1519-6984.02815.

SILVA, M. S. G. M. e; QUEIROZ, J. F. de; LOSEKANN, M. E.; MARIGO, A. L. S.; NASCIMENTO, M. **Utilização de coletores com substrato artificial para o biomonitoramento da qualidade da água na aquicultura**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2012. 8 p. (Embrapa Meio Ambiente. Circular técnica, 23).

SILVEIRA, M. P.; BAPTISTA, D. F.; BUSS, D. F.; NESSIMIAN, J. L.; EGLER, M. Application of biological measures for stream integrity assessment in south-east Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 101, n. 1-3, p. 117-128, Feb. 2005.

SOARES-FILHO, B.; RAJÃO, R.; MACEDO, M.; CARNEIRO, A.; COSTA, W.; COE, M.; RODRIGUES, H.; ALENCAR, A. Cracking Brazil's forest code. **Science**, v. 344, n. 6182, p. 363-364, Apr. 2014. DOI: 10.1126/science.1246663.

SOMMER, R.; VLEK P. L. G.; SÁ, T. D. de A.; VIELHAUER, K.; COELHO, R. de F. R.; FÖLSTER, H. Nutrient balance of shifting cultivation by burning or mulching in the Eastern Amazon – evidence for subsoil nutrient accumulation. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 68, p. 257-271, Mar. 2004. DOI: 10.1023/B:FRES.0000019470.93637.54.

SPAROVEK, G.; BERNDES, G.; KLUG, I. L. F.; BARRETTO, A. G. O. P. Brazilian agriculture and environmental legislation: status and future challenges. **Environmental Science and Technology**, v. 44, n. 16, p. 6046-6053, 2010. DOI: 10.1021/es1007824.

SYSWERDA, S. P.; ROBERTSON, G. P. Ecosystem services along a management gradient in Michigan (USA) cropping systems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 189, p. 28-35, May 2014. DOI: 10.1016/j.agee.2014.03.006.

TERRADO, M.; LAVIGNE, M.-P.; TREMBLAY, S.; DUCHESNE, S.; VILLENEUVE, J.-P.; ROUSSEAU, A. N.; BARCELÓ, D.; TAULER, R. Distribution and assessment of surface water contamination by application of chemometric and deterministic models. **Journal of Hydrology**, v. 369, n. 3-4, p. 416-426, May 2009. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2009.02.030.

WICKEL, B. **Water and nutrient dynamics of a humid tropical watershed in Eastern Amazonia**. [S.I.]: University of Bonn, 2004. 120 p. (Ecology and development series, 21).

ZHANG, W.; RICKETTS, T. H.; KREMEN, C.; CARNEY, K.; SWINTON, S. M. Ecosystem services and dis-services to agriculture. **Ecological Economics**, v. 4, n. 2, p. 253-260, Dec. 2007. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2007.02.024.

Capítulo 7

Cooperação técnica e capacitação para países em desenvolvimento

Carlos Eduardo Pacheco Lima

Maria Sonia Lopes da Silva

Jorge Enoch Furquim Werneck Lima

Lenita Lima Haber

Ítalo Moraes Rocha Guedes

Juscimar da Silva

Marcos Brandão Braga

Mariana Rodrigues Fontenelle

Introdução

A meta 6.a do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6 (ODS 6) trata das atividades e programas relacionados à água e ao saneamento para os países em desenvolvimento por meio de cooperação técnica e apoio à capacitação, incluindo a coleta de água, a dessalinização, a eficiência no uso da água, o tratamento de efluentes, a reciclagem e as tecnologias de reúso. O presente capítulo aborda ações de cooperação internacional da Embrapa com países em desenvolvimento, no que diz respeito ao uso e à eficiência da água, como forma de contribuir para o atingimento dessa respectiva meta.

Apesar de apresentar 18% da disponibilidade de água que flui por todos os rios do mundo (12% dessa disponibilidade produzida em território nacional), em razão de suas dimensões e variabilidade climática, associada à distribuição da população em suas diferentes regiões, o Brasil apresenta diferentes situações e experiências em relação ao uso e à gestão de recursos hídricos. Sendo o País uma das grandes potências agrícolas mundiais e o setor agrícola um importante usuário do território e da água, é natural que, ao longo de sua história, a Embrapa, como empresa de pesquisa agropecuária oficial do governo federal, tenha acumulado expertise e tecnologias a serem compartilhadas com outras regiões do mundo. Por sua vez, como país em desenvolvimento, o Brasil também tem interagido com diversos países para troca e aperfeiçoamento dessas experiências, como forma de trocar e adaptar tecnologias, conhecimentos e ações que, de alguma forma, contribuam ainda mais para o desenvolvimento sustentável da agricultura brasileira. Diante desse cenário, a Embrapa tem formalizado acordos de cooperação,

projetos e trabalhos em parceria com diferentes instituições e pesquisadores de diversas regiões do mundo, relacionados ao tema água, como será apresentado neste capítulo.

Racionalização do uso da água na produção de hortaliças

Ao longo de sua história, a Embrapa Hortaliças tem trabalhado no intuito de prover melhorias aos sistemas de produção de olerícolas, ações estas que abrangem também os sistemas de irrigação. A transferência de tecnologia de sistemas mais eficientes de uso da água para irrigação, capacitando técnicos e agricultores, também tem sido realizada com países em desenvolvimento, como Moçambique e o Haiti, na forma de cooperação técnica, por exemplo. Ainda, cabe citar que, nas muitas edições realizadas do Programa de Treinamento para Terceiros Países (TCTP) – em parceria com a Agência Japonesa de Cooperação (Jica) e a Agência Brasileira de Cooperação (ABC) –, foram capacitados técnicos, produtores rurais e formuladores de políticas públicas em temas ligados, principalmente, à olericultura sustentável. Entre os principais temas abordados estavam o uso eficiente da água na irrigação por meio de sistemas como o gotejamento e a microaspersão, bem como o uso de tecnologias que indiquem o momento correto para realização da irrigação e/ou a quantidade de água necessária, como o uso do sensor [Irrigas](#) (Figura 1) (Marouelli et al., 2010), desenvolvido pela Embrapa Hortaliças. Outra atuação significativa da Embrapa Hortaliças se deu no âmbito da cooperação trilateral entre Brasil, Estados Unidos e Moçambique, por intermédio do projeto [Apoio Técnico aos Programas de Nutrição e Segurança Alimentar de Moçambique](#) (Embrapa, 2018b), que teve dentro de suas inúmeras atividades desenvolvidas a capacitação de agricultores e técnicos no tema sistemas de irrigação na produção de hortaliças.

Aproveitamento da água de chuva em regiões semiáridas

Desde a sua criação, a Embrapa tem contribuído com a cooperação técnica e no apoio à capacitação no tema coleta e armazenamento de água de chuva para uso agrícola, principalmente na região semiárida brasileira, em ações de pesquisa, capacitação e de transferência de tecnologias, desenvolvidas com a participação das famílias agricultoras e a parceria dos governos municipais, estaduais e federal,

Foto: Paula Fernandes Rodrigues



Figura 1. Uso do Irrigas para controle da necessidade de irrigação.

da sociedade civil e da extensão rural. As inovações tecnológicas disponibilizadas pela Embrapa têm aumentado a oferta de água, assegurando-a para os consumos humano e animal, e reduzido os riscos da exploração agropecuária, contribuindo com a produção agrícola principalmente de grãos, frutas e olerícolas, bem como, consequentemente, com a melhoria da qualidade de vida das famílias da região. A partir dessas experiências, a Embrapa tem se mostrado presente na cooperação técnica internacional, no âmbito de projetos de cooperação técnica e de missões de cooperação entre o Brasil e países em desenvolvimento, visando à implantação de algumas soluções tecnológicas e treinamento de agricultores e técnicos.

Por meio da geração e/ou adaptação de tecnologias, tais como cisterna, baragem subterrânea, captação de água de chuva in situ, entre outras, para um melhor convívio das famílias com o Semiárido, a Embrapa Semiárido tem colaborado com capacitações de agricultores, técnicos e gestores públicos mediante visitas e cursos proferidos. Como destaque dessa cooperação técnica, citam-se as seguintes ações: a) visita da missão do governo do Zimbábue (África), liderada pelo ministro da Agricultura, Mecanização e Irrigação; b) visita de pesquisadores de

Uganda (Leste da África); c) visita da delegação moçambicana composta por técnicos, gestores e secretários de Estado; d) visita de representantes de El Salvador, Guatemala, Honduras e Nicarágua, responsáveis pelo tema água no meio rural, os quais estiveram durante 5 dias na cidade de Petrolina, no estado de Pernambuco, para um intercâmbio de experiências dos países do Corredor Seco com o programa brasileiro Água para Todos; e) visitas de técnicos da Embrapa a vários países em desenvolvimento (Haiti, Moçambique, México, Angola, entre outros) para treinamentos nos mais diferentes temas envolvendo tecnologias, uso e manejo da água; f) treinamento para técnicos do governo da Argentina; g) Projeto de Cooperação tripartite Brasil-Argentina-Haiti, com o objetivo de capacitar técnicos haitianos componentes do projeto Pro-Huerta em construção de cisterna, visando à avaliação da qualidade das águas, bem como a captação e armazenamento da água de chuva para o consumo das famílias das comunidades locais.

Outra ação importante da Embrapa, envolvendo Embrapa Semiárido, Embrapa Solos e Embrapa Algodão, foi a publicação do livro *Captação, manejo e uso de água de chuva* (Santos et al., 2015), resultante da cooperação técnica entre Embrapa e Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva (ABCMAC), Instituto Nacional do Semiárido (Insa), Instituto Federal da Bahia (IFBA), International Rainwater Catchment Systems Association (IRCSA) e várias universidades do Nordeste. O livro mostra as diferentes experiências sobre o tema água de chuva no âmbito de várias regiões brasileiras e algumas regiões da China, Nepal e México.

A Embrapa Solos, por intermédio de sua equipe lotada na Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento do Recife (UEP), tem contribuído em alguns programas de cooperação técnica por meio de programas/projetos com foco na coleta e armazenamento de água. Um desses projetos foi o de Cooperação Técnica Trilateral Honduras-Brasil-EUA: Reforço à Segurança Alimentar e Nutricional na Região Sul de Honduras – Fase I, coordenado pela ABC/Ministério das Relações Exteriores e executado pela Embrapa em Honduras, dentro do qual foram efetuadas atividades de capacitações sobre aspectos técnicos construtivos e captação, armazenamento, uso e manejo do solo e da água/irrigação em barragem subterrânea para técnicos e agricultores. Outra ação importante de cooperação técnica, realizada pela UEP Recife, foi a [Missão de Cooperação Técnica Brasil-Moçambique-Suíça, na Província de Nampula](#) (Embrapa, 2017), que, além da capacitação na coleta, armazenamento e uso de água de chuva, foram construídas três unidades de barragens subterrâneas, uma em 2016 e duas em 2017. A capacitação foi realizada por meio de oficinas e dias de campo, onde foram abordados os aspectos técnicos de construção, potencialidades e limitações dos solos para instalação e dimensiona-

mento do volume de água e seus múltiplos usos. O público-alvo foram técnicos do Instituto de Investigação Agrária de Moçambique (IIAM), técnicos da Cooperação Suíça (HortiSempre), agricultores e extensionistas dos Serviços Distritais de Atividades Econômicas e de outras instituições na região Nordeste de Moçambique. A missão contou com o apoio da HortiSempre – contraparte da Cooperação Suíça e implementadora do projeto Income Creation Through Microirrigation in Northern Mozambique.

Gestão integrada do uso dos solos e dos recursos hídricos

A Embrapa tem importantes ações em cooperações técnicas na gestão integrada dos recursos hídricos, envolvendo, principalmente, o manejo da irrigação, as mudanças climáticas, a modelagem hidrológica e os serviços ambientais.

A Embrapa Algodão, em ações de cooperação técnica sobre o manejo da cultura do algodão, tem efetuado diversas capacitações sobre sistemas de irrigação, uso e manejo da água, atividades essas que muito tem a contribuir com a meta 6.a do ODS 6. As principais cooperações estabelecidas são: a) projeto Fortalecimento Tecnológico e Difusão de Boas Práticas Agrícolas para o Algodão nos Países do C-4 e Togo, desenvolvido pelo Brasil em conjunto com Benim, Burquina Faso, Chade, Mali e Togo, países localizados na África Ocidental; b) Projeto Regional de Fortalecimento do Setor Algodeiro nas Bacias do Baixo Shire e Zambeze, na África Austral; c) a Embrapa é signatária de projetos-país para fortalecimento do setor algodoeiro na América do Sul, no âmbito do programa trilateral Brasil-FAO de Cooperação Sul-Sul. Nesse escopo, a Embrapa apoia, atualmente, a execução de dois projetos-país distintos com o Ministério de Agricultura e Irrigação do Peru (Minagri) e com o Ministério da Agricultura e Pecuária do Paraguai (MAG).

Outras Unidades da Embrapa, a exemplo da Embrapa Meio-Norte, Embrapa Hortalícias, Embrapa Mandioca e Fruticultura, entre outras, também têm expressiva atuação em cooperação internacional com países em desenvolvimento com ações voltadas para o manejo de apicultura, hortalícias, feijão, mandioca, etc., em que os componentes sobre manejo da irrigação fazem parte das capacitações.

A Embrapa Cerrados, há mais de 10 anos, vem trabalhando na tropicalização de determinados modelos hidrológicos aplicados em diferentes regiões do mundo, como é nos casos dos projetos SWAT-Cerrado, GeoCerrado, Chuva-Vazão e AgroHidro, todos eles com parcerias internacionais e que vêm possibilitando,

cada vez mais, a parametrização, a adaptação ou mesmo o desenvolvimento de ferramentas importantes para o planejamento integrado do uso do solo e dos recursos hídricos. Esses modelos também são base para projetos que buscam avaliar os potenciais impactos dos cenários de mudanças climáticas e de mudanças de uso do solo sobre os recursos hídricos no território brasileiro (projetos Chuva-Vazão e AgroHidro) e sobre diferentes serviços ecossistêmicos, incluindo aqueles relacionados à quantidade e à qualidade da água (Projeto EcoHidro). Por meio da participação da Embrapa em programas como o Produtor de Águas, a difusão e a capacitação de pessoas do Brasil e do mundo, principalmente de países em desenvolvimento, vêm ocorrendo de forma intensa nas visitas que, principalmente, o Projeto Pipiripau (DF/GO) recebe todos os anos.

A Embrapa Cerrados ainda desenvolveu parceria internacional relevante no estudo de alocação da água em pequenos reservatórios de usos múltiplos no Brasil e na África, trazendo mais uma contribuição, em parceria, para a troca de experiências acerca da gestão dos recursos hídricos.

Considerações finais

A Embrapa, por meio de suas ações de pesquisa e desenvolvimento, tem muito a contribuir com a ampliação da cooperação técnica internacional e o apoio à capacitação para os países em desenvolvimento no que se refere ao tema água. As iniciativas de cooperação técnica fomentam o desenvolvimento, promovem a capacitação humana e institucional, contribuindo com mudanças estruturais na realidade socioeconômica dos países em desenvolvimento. Essas iniciativas, dentro da Embrapa, se concretizam por intermédio dos chamados [Instrumentos de Cooperação Técnica que categorizam as cooperações em: projetos estruturantes, projetos pontuais, Plataformas de Inovação Agropecuária \(Agricultural Innovation Marketplace\) e capacitação em cursos de agricultura tropical](#) (Embrapa, 2018a).

O cenário de escassez hídrica observado nos últimos anos em diversas regiões brasileiras e em alguns países, associado à possibilidade de agravamento desse quadro em razão das mudanças climáticas e da expansão urbana desordenada, tem levado à necessidade de busca de alternativas e soluções rápidas para que se possa garantir água e saneamento de qualidade para todos até 2030. Para tal, a Embrapa entende ser fundamental a troca e o compartilhamento de responsabilidades e experiência por meio da cooperação internacional.

Referências

- EMBRAPA. **Cooperação técnica**. 2018a. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/cooperacao-tecnica>>. Acesso em: 4 jan. 2018.
- EMBRAPA. **Pesquisadores constroem barragens subterrâneas em Moçambique**. 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/30864093/pesquisadores-constroem-barragens-subterraneas-em-mocambique>>. Acesso em: 4 jan. 2018.
- EMBRAPA. **Segurança alimentar em Moçambique**. 2018b. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/seguranca-alimentar-em-mocambique>>. Acesso em: 4 jan. 2018.
- MARQUELLI, W. A.; FREITAS, V. M. T. de; COSTA JÚNIOR, A. D. **Guia prático para uso do Irrigas na produção de hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2010. 32 p. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/guia_irrigas_000gul1eg9u02wx7ha0g934vgtpvpy9xo.pdf>. Acesso em: 4 jan. 2018.
- SANTOS, D. B. dos; MEDEIROS, S. de S.; BRITO, L. T. de L.; GNADLINGER, J.; COHIM, E.; PAZ, V. P. da S.; GHEYI, H. R. (Org.). **CaptAÇÃO, manejo e uso de água de chuva**. Campina Grande: INSA: ABCMAC, 2015. 440 p. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/148518/1/Livro-Luiza.pdf>>. Acesso: 19 fev. 2018.
- ## Literatura recomendada
- BEEKMAN, G. B. **Gerenciamento integrado dos recursos hídricos**. Brasília, DF: IICA, 1999. 64 p.
- BUSO, W. H. D.; KLIEMANN, H. J. Relações de carbono orgânico e de nitrogênio total e potencialmente mineralizável com o nitrogênio absorvido pelo milheto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 33, n. 2, p. 97-105, 2003.
- CONJUNTURA dos recursos hídricos no Brasil: informe 2012. Brasília, DF: Agência Nacional de Águas, 2012. 215 p.
- DIRECTRICES sanitarias sobre el uso de aguas residuales en agricultura y acuicultura: informe de um Grupo Científico de la OMS. Ginebra: Organización Mundial de La Salud, 1989. (Série de informes técnicos, 778). Disponível em: <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/39333/1/WHO_TRS_778_spa.pdf>. Acesso em: 4 jan. 2018.
- PAZ, V. P. da S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 3, p. 465-473, set./dez. 2000. DOI: 10.1590/S1415-43662000000300025.
- ROCKSTRÖM, J.; STEFFEN, W.; NOONE, K.; PERSSON, A.; CHAPIN, F.S. 3RD.; LAMBIN, E. F.; LENTON, T. M.; SCHEFFER, M.; FOLKE, C.; SCHELLNHUBER, H. J.; NYKVIST, B.; DE WIT, C. A.; HUGHES, T.; VAN DER LEEUW, S.; RODHE, H.; SÖRLIN S.; SNYDER PK.; COSTANZA R.; SVEDIN U.; FALKENMARK M.; KARLBERG, L.; CORELL, R. W.; FABRY, V. J.; HANSEN, J.; WALKER, B.; LIVERNAN, D.; RICHARDSON, K.; CRUTZEN, P.; FOLEY, J. A. A safe operating space for humanity. **Nature**, v. 461, p. 472-475, Sept. 2009. DOI: 10.1038/461472a.
- SHIKLOMANOV, I. **World water resources: a new appraisal and assessment for the 21th century: a summary of the monograph world water resources**. Paris: International Hydrological Programme/ Unesco, 1998. 327 p.
- TUNDISI, J. G. Recursos hídricos: o futuro dos recursos. **MultiCiéncia**, v. 1, p. 1-14, 2003. O futuro dos recursos. Disponível em: <https://www.multiciencia.unicamp.br/artigos_01/A3_Tundisi_port.PDF>. Acesso em: 4 jan. 2018.

Capítulo 8

Gestão da água e saneamento em comunidades rurais

Paulo Eduardo de Aquino Ribeiro

Maria Sonia Lopes da Silva

Eugenio Ferreira Coelho

Luciano Cordoval de Barros

Welson Lima Simões

Carlos Renato Marmo

Luiz Carlos Guilherme

Roselany de Oliveira Corrêa

Marcelo Henrique Otenio

Marcos Tavares-Dias

Vanessa Romário de Paula

Rubens Bernardes Filho

Introdução

Nos últimos anos, no Brasil, a gestão local e comunitária das águas e do saneamento vem se fortalecendo como uma alternativa viável, que tem contribuído com a melhoria da qualidade de vida e o desenvolvimento rural sustentável. Entretanto, ainda existem alguns grandes desafios a serem superados, no que diz respeito ao acesso regular e permanente a qualquer fonte de água e saneamento no meio rural.

A Embrapa, ao longo de mais de 40 anos, vem desenvolvendo soluções tecnológicas que viabilizam o uso da água para o abastecimento humano, animal e agrícola, bem como o acesso a serviços adequados de saneamento básico para a propriedade rural, proporcionando às comunidades locais condições para o planejamento agrícola do uso dos recursos solo e água.

O presente capítulo descreve práticas agropecuárias, produtos, processos, metodologias e serviços (treinamentos e consultorias) que poderão contribuir com a meta 6.b do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6 (ODS 6), a qual preconiza apoiar e fortalecer a gestão da água e do saneamento na comunidade rural.

Uso e manejo da água para produção de culturas e animais

A produção de alimentos é uma prioridade em muitos países, e a agropecuária, principal usuária dos recursos hídricos, deve não apenas fornecer alimentação

para uma população crescente, mas também economizar a água visando a outros usos. O desafio é desenvolver e aplicar métodos racionais do uso, reúso e manejo da água na produção agropecuária em comunidades rurais, de forma a se obter maior produtividade com menor desperdício de água.

Aptidão das terras da pequena propriedade rural

A caracterização da pequena propriedade rural consiste em compartimentar e georreferenciar os diferentes ambientes existentes na propriedade a partir do estudo da geologia, solo, clima, relevo, recursos hídricos e da vegetação. Para cada unidade delimitada, é feita a recomendação de suas principais aptidões de uso do solo. As informações geradas em mapa cartográfico e em relatório técnico contemplam o conhecimento das condições geoambientais que constituem as diferentes paisagens do agroecossistema, o que permite organizar e planejar, de forma racional, as atividades agrossilvipastoris e de serviços ambientais, visando ao melhor uso e manejo do solo e da água pela comunidade local.

A Embrapa, por meio de seus treinamentos e consultorias, realiza, de forma participativa com agricultores, técnicos e agentes de desenvolvimento, a construção horizontal e coletiva de como compartimentar e otimizar os diferentes ambientes existentes em agroecossistemas de base familiar. Os principais treinamentos e consultoria oferecidos, dentro da temática de melhor aproveitamento das águas na comunidade rural, são destinados a agricultores, agentes de desenvolvimento local e técnicos de Assistência Técnica e Extensão Rural (Ater), e consistem em:

- Curso sobre Zoneamento Agroecológico da Pequena Propriedade Rural.
- Curso de uso do Sistema de Posicionamento Global (GPS) de navegação na pequena propriedade rural, visando à obtenção de croquis, medições da propriedade, localização de áreas, recursos naturais e benfeitorias nela contida.
- Consultoria em zoneamento pedoclimático, com o objetivo de orientar técnicos e produtores sobre as áreas mais adequadas para cultivos agrícolas e florestais, considerando os aspectos de solo e clima, conforme exigências da espécie, visando diminuir riscos ambientais e econômicos na agricultura e silvicultura.

Outros cursos e consultorias relacionados à participação da comunidade na gestão das águas envolvem as seguintes soluções tecnológicas: manejo e conservação de solo e recuperação de áreas degradadas; equipamentos e sensores para avaliação da água no solo; barragem subterrânea; novo enfoque tecnológico de

convivência com o Semiárido; água na propriedade rural leiteira; sistemas agroflorestais (SAFs): composição e manejo; e caracterização de comunidades e recursos hídricos para implantação do Programa Água Doce (PAD).

Técnicas de irrigação acessíveis à agricultura familiar

Apesar da disponibilidade de água para agricultura familiar dos ribeirinhos de grandes rios nordestinos, como o São Francisco e o Parnaíba, a crise hídrica e a competitividade do mercado agrícola têm incentivado a mudança do sistema de irrigação e da forma de aplicar para melhorar a eficiência de uso da água. Nesse sentido, a Embrapa Mandioca e Fruticultura, a Embrapa Semiárido e a Embrapa Meio-Norte trabalharam em várias comunidades rurais no Semiárido do Nordeste brasileiro para adaptar técnicas de irrigação acessíveis às condições dos agricultores familiares. Essas técnicas, que têm aderência com as metas 6.4, 6.5, 6.6, consistiram em procedimentos de construção de sistemas de irrigação de baixo custo, bem como do manejo da água de forma a usá-la com eficiência. Dentre elas, destacam-se:

- Sistema de irrigação “bubbler” (Coelho et al., 2017) para a agricultura familiar, sem necessidade do uso de estacas para controle da água na saída de cada microtubo (Figura 1).

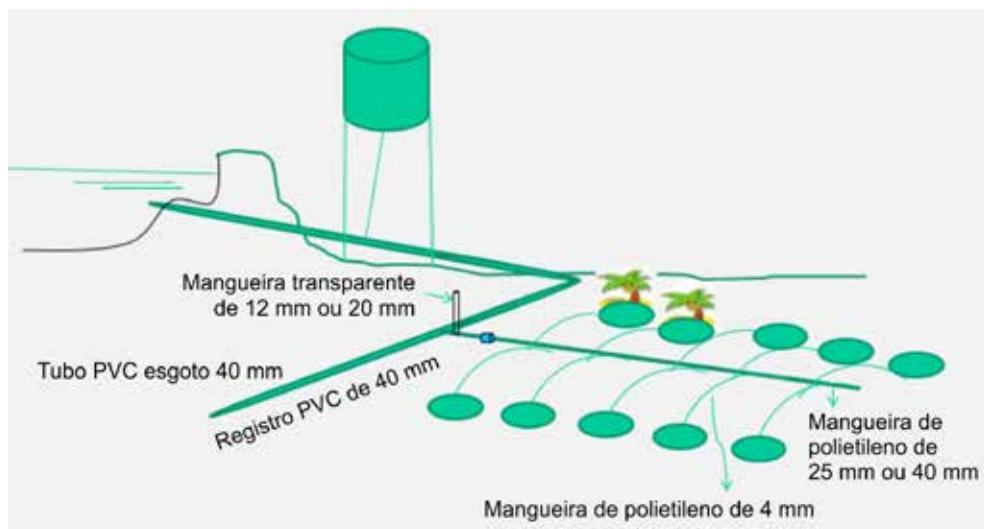


Figura 1. Sistema de irrigação “bubbler” adaptado para uso em agricultura familiar. Indicado, sobretudo, para fruteiras.

Ilustração: Eugênio Ferreira Coelho

- Sistema de irrigação superficial com entrega de água em bacias no entorno das plantas (banana, mamoeiro, meloeiro, etc.) usando canais revestidos (Coelho et al., 2017) (Figura 2).

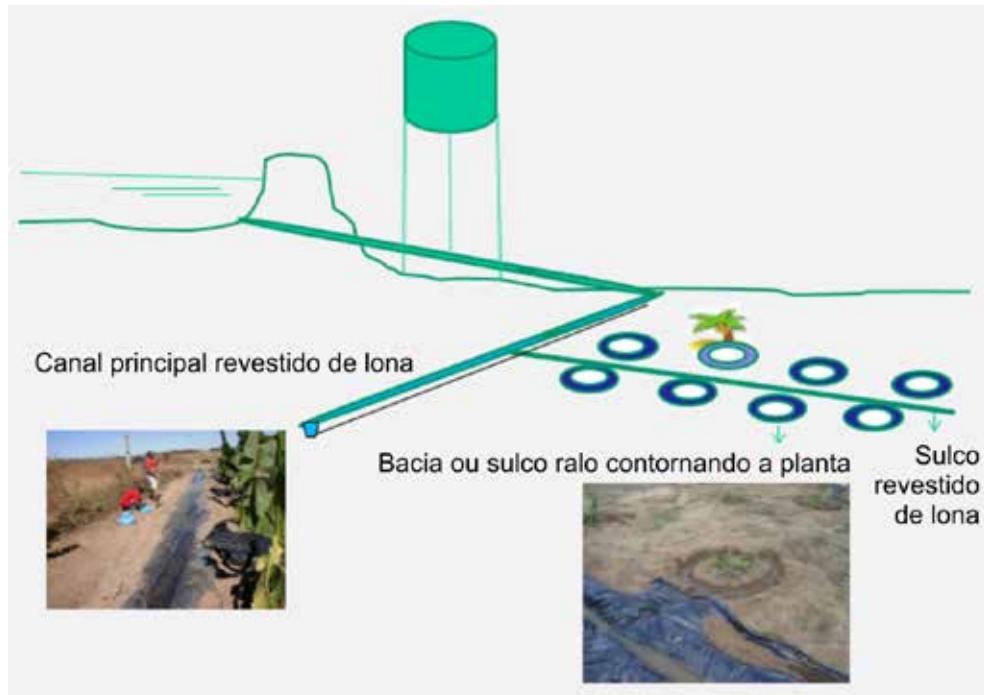


Figura 2. Sistema de irrigação por bacias com canais e sulcos revestidos de lona plástica.

Ilustração: Eugênio Ferreira Coelho

Fotos: Ildos Parizotto

- Uso de lona plástica na base de canteiros (Coelho et al., 2017), usados na produção de hortaliças, para economia de água de irrigação (Figura 3).
- Tabelas para manejo da água de irrigação com datas das irrigações, com base no dia e mês do plantio, e tempo de irrigação para sistemas por microaspersão, microdifusor, aspersão convencional e mangueira perfurada (Coelho et al., 2017).



Fotos: Tibério Santos Martins da Silva

Figura 3. Uso de lona plástica como fundo dos canteiros de hortícolas.

Uso e manejo da água para produção de peixes

Sistema integrado para produção de alimentos

O sistema integrado para produção de alimentos ou simplesmente Sisteminha Embrapa (Sistema..., 2013) é uma alternativa tecnológica para as comunidades rurais de regiões com escassez de água e consiste na produção de peixes integrada com a criação de galinhas, frango de corte, codornas, preás e outros animais de pequeno porte, além de minhocas, hortaliças, hidropônia, biogás, etc. O objetivo principal do sistema é a produção integrada de alimentos para as famílias e os animais. O sistema funciona a partir de pequenos tanques de 8 mil L construídos com papelão e plástico, taipa, alvenaria, placas de cimento, fibra de vidro etc., que agem como motor de um sistema integrado para a produção de alimentos, com baixo consumo de energia elétrica e água. O Sisteminha (Figura 4) é mais uma alternativa eficiente que a Embrapa vem disponibilizando às famílias de regiões

Fotos: Luiz Guilherme



Figura 4. Sisteminha Embrapa.

com escassez de água, do Meio-Norte e do Semiárido brasileiro, visando à sustentabilidade socioeconômica e ambiental por combater a fome, reduzir a miséria e aumentar as oportunidades de trabalho nas comunidades rurais sem agredir o meio ambiente. Após um ano da implantação, o sistema passa a produzir cerca de 100 kg de peixes, 1.000 ovos de galinha, 1.000 espigas de milho-verde, 500 kg de húmus de minhoca e composto e 300 kg de frutas e legumes.

Gaiolas flutuantes

O Brasil dispõe de 5,3 milhões de hectares de água doce em reservatórios artificiais e naturais que podem ter um aproveitamento econômico significativo por meio da piscicultura, considerando a crescente demanda do mercado interno, atualmente suprida por importação de pescado (Sonoda et al., 2016). Das tecnologias disponíveis para a criação de peixes em cativeiro, gaiolas flutuantes ou tanques-rede são alternativas apropriadas para esses ambientes e constituem um sistema intensivo de criação, cujo custo de implantação é comparativamente menor que outros sistemas utilizados na piscicultura (Figura 5). Ter água em quantidade e de qualidade é condição fundamental para a viabilidade dessa tecnologia, sendo necessária a adoção de práticas de manejo adequadas para garantir sua sustentabilidade econômica e ambiental.

A Embrapa vem atuando em praticamente todo o território nacional com pesquisas e ações de transferência que visam à adoção segura dessa tecnologia. Neste recorte, são identificadas atividades da Empresa concentradas nas regiões Norte e Nordeste com as espécies tambaqui (*Colossoma macropomum*) e tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*), respectivamente, visando principalmente à gestão ambiental da atividade e ao estímulo à adoção de boas práticas de manejo (BPMs). Ações de transferência de tecnologia são desenvolvidas no âmbito de diferen-



Foto: Roselany de Oliveira Corrêa

Figura 5. Tanques-rede instalados em reservatório de uma hidrelétrica.

tes projetos da Embrapa, fortalecendo sua adoção e estimulando a publicação de materiais diversos (livros, fôlder, cartilhas, [vídeos](#)) de fácil acesso ao público (Teixeira et al., 2009; Moro, 2014; Taniguchi et al., 2014; Ituassú, 2015; Seleção..., 2015; Queiroz; Rotta, 2016).

Lago de múltiplo uso

O [lago de múltiplo uso](#) consiste em um tanque construído com rampa suave, revestido com lona de plástico comum e recoberto por uma camada de terra, para a sua fixação e proteção, destinado para fins de irrigação e criação de peixe. O sistema, desenvolvido pela Embrapa Milho e Sorgo, é uma alternativa eficiente, de longa vida e de baixo custo quando comparado com lagos construídos com lonas especiais (Figura 6).

Reúso de água na pecuária leiteira

O reúso de águas residuárias consiste no reaproveitamento de determinada água que foi insumo ao desenvolvimento de uma atividade. O reúso na pecuária leiteira ocorre a partir da água de limpeza do curral, que pode ser usada novamente para esse mesmo fim após passar por sistemas simples de tratamento, como também pode ser usada na fertirrigação.

Foto: Luciano Cordoval de Barros



Figura 6. Minilago de múltiplo uso, sendo utilizado para irrigação de horta e criação de peixes.

A Embrapa trabalha o reúso de água na pecuária leiteira nas comunidades rurais como solução tecnológica para uso eficiente da água e diminuição da dependência de insumos com a aplicação do biofertilizante produzido na substituição ou complementação da adubação nitrogenada, preservando o recurso hídrico, condicionando e fertilizando o solo.

Os processos de tratamento destas águas destinam-se a remoção dos sólidos em suspensão, a carga orgânica e a diminuição de microrganismos patogênicos presentes nos dejetos. A reutilização de águas de limpeza hidráulica de curral, por exemplo, deve ser considerada no planejamento e na gestão sustentável dos recursos hídricos como um substituto para o uso de águas destinadas a fins agrícolas e de irrigação, entre outros. Dessa forma, tal prática deixa as fontes de água de boa qualidade para atividades de outros usos prioritários, contribuindo para conservação dos recursos hídricos, com a redução da demanda sobre os mananciais de água por causa da substituição da água potável por uma água de qualidade inferior (Otenio, 2015). A reutilização de águas residuárias da criação de bovinos de leite para limpeza hidráulica de pisos propicia a redução do consumo de água em 85% em relação aos processos que não utilizam o reúso (Torres et al., 2002), além de economia significativa de energia elétrica e de mão de obra. Além da questão ambiental que o reúso de recursos hídricos promove, ocorre também

redução de custos, tornando a produção mais sustentável. O biofertilizante gera-doo, a partir de efluentes finais produzidos, tem sido utilizado para fertirrigação, e alguns estudos já comprovaram a sua aplicação em capineira de cana-de-açúcar e no cultivo de milho para silagem (Otenio et al., 2017).

Água na criação de bovinos

Nas propriedades rurais, é comum o uso de água oriunda de diversas fontes e sem tratamento adequado. No entanto, a qualidade da água é determinante na busca por melhores resultados na produção, pois contribui para o bem-estar dos animais e impacta positivamente na qualidade do leite. A água contaminada pode veicular bactérias causadoras de mastite em vacas e também bactérias que contaminam o leite.

Questões como boas práticas agropecuárias (BPA), produção de alimento seguro e as instruções normativas nº 51 e nº 62 (Brasil, 2002, 2011) ditam requisitos para produção de leite de qualidade, refletem a demanda por uma especialização no processo de produção e indicam a cloração da água para utilização desde a ordenha até a entrada na indústria de laticínio.

A Embrapa disponibiliza diversas tecnologias para adequado atendimento da legislação vigente para produção de leite, desde pequenas até as grandes instalações leiteiras. Quando o consumo de água para produção animal e de utilização na sala de ordenha for menor do que 1.000 L por dia, indica-se o Clorador Embrapa. Para consumos acima de 1.000 L por dia, a Embrapa indica a cloração por cloro difusão (Otenio et al., 2017). Outras tecnologias da Embrapa relevantes nesse assunto são a [consultoria em água na propriedade rural leiteira](#) e a [análise do impacto da bovinocultura sobre a qualidade da água](#).

Reúso de água no saneamento rural

Saneamento básico e eliminação de contaminantes

O Brasil tem avançado na área de saneamento público básico, porém os números ainda são preocupantes. Estima-se que um volume diário de 4,8 bilhões de litros de esgoto é lançado na zona rural, considerando lançamentos diretos e sistemas inadequados de tratamento. A Embrapa desenvolveu tecnologias voltadas ao saneamento básico rural, cujas premissas envolvem a simplicidade e eficiência dos

sistemas, baixo custo de implantação/manutenção e fácil apropriação e uso pelos agricultores. Foram propostas tecnologias sociais para o tratamento de esgoto rural (água negra e cinzenta) e desinfecção da água utilizada no consumo:

- Fossa séptica biodigestora (Silva, 2014) – solução tecnológica de fácil instalação e baixo custo, tratando o esgoto do vaso sanitário de forma eficiente (Figura 7).

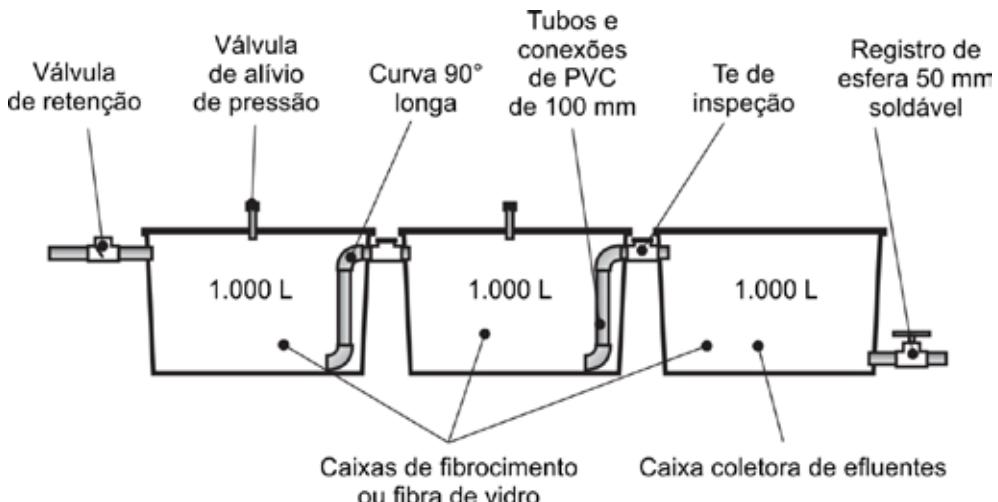


Figura 7. Fossa séptica biodigestora: solução tecnológica para tratamento de esgoto sanitário proveniente de residências rurais.

Ilustração: Valentim Monzane

- Jardim filtrante (Silva, 2014) – alternativa para tratar o esgoto de pias, tanques e chuveiros (água cinzenta). Trata-se de um pequeno lago com pedras, areia e plantas aquáticas onde o esgoto é tratado por meio da interação das espécies vegetais e microrganismos nesse ecossistema (Figura 8). É uma tecnologia adaptada para complementar o uso da fossa séptica biodigestora.
- Clorador Embrapa (Silva, 2014) – tecnologia simples e barata para clorar a água do reservatório das residências rurais (Figura 9). Seu principal benefício é a desinfecção da água utilizada na casa, promovendo a saúde dos moradores.

As tecnologias da fossa séptica biodigestora e jardim filtrante são opções viáveis para o reúso de água e fertirrigação nas propriedades agrícolas, principalmente

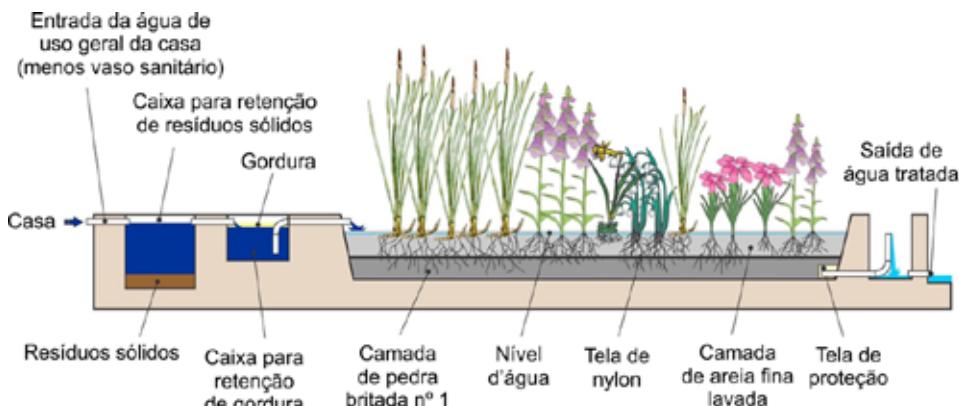


Figura 8. Jardim filtrante: tecnologia alternativa para tratamento de esgoto de pias, tanques e chuveiros provenientes de residências rurais.

Ilustração: Valentim Monzane

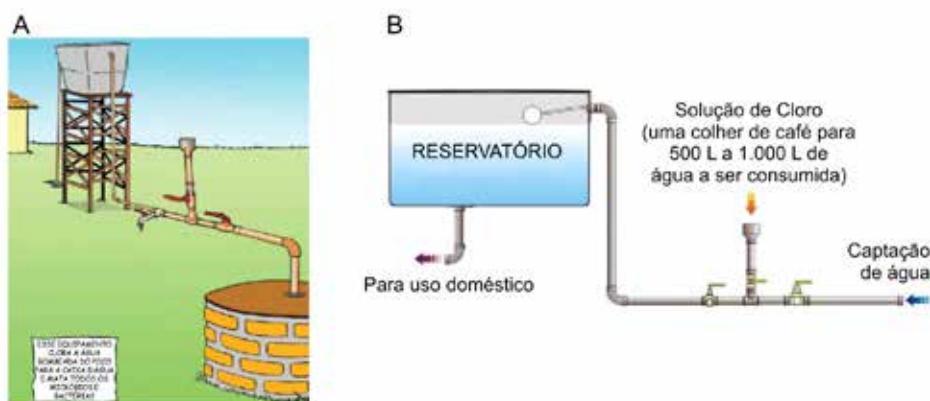


Figura 9. Sistema clorador Embrapa: solução tecnológica para cloração de a água de reservatórios de residências rurais.

Ilustração: Renato Moura (A); Valentim Monzane (B)

te para a agricultura familiar, trazendo benefícios econômicos pela aplicação do efluente na fertilização do solo. No âmbito de políticas públicas, a fossa séptica biodigestora foi definida como referência no Programa Nacional de Habitação Rural (no âmbito do Programa Minha Casa Minha Vida – PMCMV). Entidades públicas e instituições podem pleitear recursos para projetos de construção ou reforma de banheiros e instalações sanitárias, desde que o tratamento do esgoto ocorra de acordo com um dos modelos definidos na Portaria nº 268, de 22/3/2017. As tec-

nologias sociais de saneamento básico rural da Embrapa já foram implantadas em aproximadamente 12 mil residências rurais no Brasil pela rede de parcerias institucionais formalizadas pela Embrapa, [beneficiando quase 60 mil pessoas](#). Entidades como a Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (Cati/SP), a Fundação Banco do Brasil e o Programa Rio Rural (Seapec/RJ) já instalaram, juntas, mais de 10 mil unidades da fossa séptica biodigestora.

Manejo sanitário em pisciculturas

Independentemente do tipo de sistema de cultivo, o piscicultor pode deparar-se com doenças, sejam elas advindas do manejo inadequado (Figura 10) ou de fatores externos ao cultivo. Nesse sentido, a Embrapa Amapá recomenda algumas medidas básicas de biossegurança visando subsidiar agricultores e técnicos no que diz respeito às boas práticas de manejo, de forma a assegurar a qualidade dos peixes produzidos e a melhoria das condições sanitárias das pisciculturas (Kubitza, 2004; Noga, 2010; Tavares-Dias et al., 2013; Tavares-Dias; Fujimoto, 2014).

Foto: Marcos Tavares-Dias



Figura 10. Viveiro de piscicultura com grande presença de algas vermelhas por causa da eutrofização.

A eficácia de medidas sanitárias depende da conscientização do proprietário do empreendimento de que aspectos importantes devem ser levados em consideração quando se fala em manejo sanitário, da presença de profissional capacitado para orientar o piscicultor e diagnosticar corretamente a enfermidade, e da fiscalização sanitária pelos órgãos governamentais, em pisciculturas e transporte de peixes entre propriedades. Somente levando em consideração esses cuidados, a piscicultura poderá alcançar maior êxito na implantação de um programa de controle sanitário no sistema de cultivo, tornando-se mais competitiva e lucrativa.

Considerações finais

Considerando a importância da água como recurso fundamental para desenvolver qualquer atividade agropecuária, é indispensável que seu uso racional seja debatido e, mais que isso, que o seu manejo seja constantemente aprimorado por meio de tecnologias e de boas práticas de conservação, para que esse recurso se conserve em qualidade e quantidade nas propriedades rurais. As soluções tecnológicas aqui apresentadas constituem uma “vitrine” do significativo trabalho que a Embrapa tem desenvolvido em benefício da sociedade e que, sem sombra de dúvida, muito tem a contribuir para o atingimento da meta 6.b do ODS 6.

Referências

BRASIL. Instrução Normativa nº 51, de 18 de setembro de 2002. Aprova os Regulamentos Técnicos de Produção, Identidade e Qualidade do Leite tipo A, do Leite tipo B, do Leite tipo C, do Leite Pasteurizado e do Leite Cru Refrigerado e o Regulamento Técnico da Coleta de Leite Cru Refrigerado e seu Transporte a Granel. **Diário Oficial da União**, 20 set. 2002. Seção 1, p. 13. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=8932>>. Acesso em: 7 fev. 2018.

BRASIL. Instrução normativa nº 62, de 29 de dezembro de 2011. Regulamento Técnico de Produção, Identidade e Qualidade do Leite tipo A, Leite Cru Refrigerado, Leite Pasteurizado, Leite Cru Refrigerado e seu Transporte a Granel. **Diário Oficial da União**, 30 dez. 2011. Seção 1, p. 14. Disponível em: <http://www.leitedascriancas.pr.gov.br/arquivos/File/legislacao/IN62_2011_MAPA.pdf>. Acesso em: 7 fev. 2018.

COELHO, E. F.; SILVA, A. J. P. da; PARIZOTTO, I.; SILVA, T. S. M. da. **Sistemas e manejo de irrigação de baixo custo para agricultura familiar**. 2. ed. rev. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2017. 47 p. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/160611/1/Cartilha-Manejo-Irrigacao-2edicao.pdf>>. Acesso em: 26 fev. 2018.

ITUASSÚ, D. R. **Cálculo de povoamento de viveiros e tanques-rede**. Sinop: Embrapa Agrossilvipastoril, 2015. 8 p. (Embrapa Agrossilvipastoril. Circular técnica, 1). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes-/publicacao/1023958/calcular-de-povoamento-de-viveiros-e-tanques-rede>>. Acesso em: 7 dez. 2017.

- KUBITZA, F. **Reprodução, larvicultura e produção de alevinos de peixes nativos.** [S.I.]: Jundiá, 2004.
- MORO, G. V. **Rações e manejo alimentar de peixes:** tanque-rede. Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2014. 1 folder. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/113807/1/fd3.pdf>>. Acesso em: 7 dez. 2017.
- NOGA, E. J. **Fish disease:** diagnosis and treatment. 2nd ed. Ames: Wiley-Blackwell, 2010.
- OTENIO, M. H. Reaproveitamento de água resíduária em sistemas de produção de leite. In: MARTINS, P. do C.; PICCININI, G. A.; KRUG, E. E. B.; MARTINS, C. E.; LOPES, F. C. F. **Sustentabilidade ambiental, social e econômica da cadeia produtiva do leite:** desafios e perspectivas. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 139-159.
- OTENIO, M. H.; PAULA, V. R. de; COSTA, L. R. da; MAGALHÃES, V. M. A. de. **Reaproveitamento de água resíduária em sistemas de produção de leite em confinamento:** conteúdos elaborados conforme a metodologia e-Rural. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2017. (Embrapa Gado de Leite. Comunicado técnico, 78).
- QUEIROZ, J. F. de; ROTTI, M. A. **Boas práticas de manejo para piscicultura em tanques-rede.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2016. (Embrapa Meio Ambiente. Circular técnica, 26). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1060545/boas-praticas-de-manejo-para-piscicultura-em-tanques-rede>>. Acesso em: 7 dez. 2017.
- SELEÇÃO de áreas para instalação de tanques rede: subsídios para uma aquicultura sustentável. Tocantins: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2015. Vídeo técnico. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=vF1ufC7F81w>>. Acesso em: 7 dez. 2017.
- SILVA, W. T. L. da. **Saneamento básico rural.** Brasília, DF: Embrapa, 2014. 68 p. (ABC da agricultura familiar, 37).
- SISTEMA integrado alternativo para produção de alimentos: agricultura familiar. Parnaíba: Embrapa Meio-Norte, 2013. 1 folder.
- SONODA, D. Y.; CYRINO, J. E. P.; SHIROTA, R. Biomassa econômica da produção de tilápias em tanques-rede em propriedade rural no sudeste do Brasil. **Revista Pecege**, v. 2, n. 4, p. 60-72, 2016. DOI: 10.22167/r.ipecege.2016.4.60.
- TANIGUCHI, F.; KATO, H. C. de A.; TARDIVO, T. F. **Definições e estrutura:** tanque rede. Tocantins: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2014. 8 p. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1002743/definicoes-e-estrutura-tanque-rede>>. Acesso em: 7 dez. 2017.
- TAVARES-DIAS, M.; ARAUJO, C. S. O.; PORTO, S. M. A.; VIANA, G. M.; MONTEIRO, P. C. **Sanidade do tambaqui *Colossoma macropomum* nas fases de larvicultura e alevinagem.** Macapá: Embrapa Amapá, 2013. (Embrapa Amapá. Documentos, 78).
- TAVARES-DIAS, M.; FUJIMOTO, R. Y. **Recomendações para melhorias do manejo sanitário em pisciculturas do Estado do Amapá.** Macapá: Embrapa Amapá, 2014. 4 p. (Embrapa Amapá. Comunicado técnico, 96).
- TEIXEIRA, R. N. G.; CORREA, R. de O.; FARIA, M. T. de; MEYER, G. **Piscicultura em tanques-rede.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2009. 120 p. (Coleção criar, 6). Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/128301/1/CRIAR-Piscicultura-em-tanques-rede-ed01-2009.pdf>>. Acesso em: 7 dez. 2017.

TORRES, A. C.; FERREIRA, W. A.; PACCOLA, A. A.; LUCAS JÚNIOR, J. de; ULBANERE, R. C.; CARDOSO, R. M.; CAMPOS, A. T. Tratamento biológico aeróbio e reciclagem de dejetos de bovinos em sistema intensivo de produção de leite. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n. 2, p. 426-438, mar./abr. 2002.

Literatura recomendada

BARROS, L. C. de; FINOTTI, M. L.; RIBEIRO, P. E. de A. **Barraginhas**: plantando água. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 396 p.

BARROS, L. C. de; RIBEIRO, P. E. de A.; BARROS, I. R. de; TAVARES, W. de S. **Integração entre Barraginhas e lagos de múltiplo uso**: o aproveitamento eficiente da água de chuva para o desenvolvimento rural. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. 11 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 177). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/73167/1/circ-177.pdf>>. Acesso em: 19 nov. 2016.

MEDEIROS, F. das C. de. **Tanque-rede**: mais tecnologia e lucro na piscicultura. [S.I.]: Cuiabá, 2002.

OTENIO, M. H.; LIGÓRIO, P. P. L.; FAZZA, E.; SOARES, G.; SOUZA, F. de F. C. de; BERNARDO, W. F.; MAGALHAES, V. M. A. de. **Como montar e usar o clorador de pastilhas em residências rurais**: cartilhas adaptadas ao letramento do produtor. Brasília, DF: Embrapa, 2014. 36 p. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/116736/1/Cnpgl-2014-Cartilha-Clorador-completa.pdf>>. Acesso em: 17 dez. 2017.

SANTOS, J. C. P. dos; ARAÚJO FILHO, J. C. de; SILVA, A. B. da; BARROS, A. H. C.; AMARAL, A. J. do; MARQUES, F. A.; SILVEIRA, H. L. F. da; ACCIOLY, L. J. de O.; SILVA JUNIOR, J. F. da. **Zoneamento agroecológico do estado de Alagoas**. Recife: Embrapa Solos – UEP Recife, 2013. 1 CD-ROM.

SILVA, H. A. S. **Dinâmica da paisagem na microbacia hidrográfica do rio Mojuí, oeste do estado do Paraná**. 2013. 88 f. Dissertação (Mestrado e Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu.

SÍNTESE de indicadores sociais: uma análise das condições de vida da população brasileira. **Estudos e Pesquisas**: informação demográfica e socioeconômica, n. 36, 2016. 141 p. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv98965.pdf>>. Acesso em: 8 dez. 2017.

Capítulo 9

Avanços e desafios futuros

Maria Sonia Lopes da Silva

Alexandre Matthiensen

Jorge Furquim Werneck Lima

Introdução

Em 2015, líderes mundiais se reuniram na Organização das Nações Unidas (ONU) para adotar formalmente uma nova agenda de desenvolvimento sustentável, resultando nos [17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável \(ODS\)](#) (Nações Unidas, 2017a), que buscaram a definição de metas mais claras e pragmáticas do que aquelas apresentadas anteriormente nos 8 [Objetivos de Desenvolvimento do Milênio \(ODMs\)](#) (United Nations, 2010). As decisões ali tomadas determinaram o curso global de ações para acabar com a pobreza, promover a prosperidade e o bem-estar para todos, proteger o meio ambiente e enfrentar as mudanças climáticas (Nações Unidas, 2010).

O Brasil, como signatário, assumiu o compromisso de compor uma agenda de planejamento para implementação dos ODS. A metodologia proposta pela ONU e conduzida pela Secretaria de Governo da Presidência da República e o Ministério do Planejamento está sendo efetuada em três etapas: negociação, internalização e interiorização. No momento, está sendo efetuada a internalização dos ODS nas instituições governamentais.

Na Embrapa, foi criado o Grupo de Trabalho (GT) – Rede ODS, que realizou o alinhamento do Plano Plurianual (PPA) com as metas ODS, dando início à estruturação de diversos mecanismos para a internalização desses objetivos. Um desses mecanismos é a elaboração destes e-books colaborativos, a partir do levantamento das contribuições efetivas que a Empresa pode fornecer para o cumprimento dos ODS. Dessa forma, foram elaborados 17 e-books pela equipe de pesquisadores, analistas e gestores da Embrapa, e um e-book institucional mostrando a contribuição das soluções tecnológicas da Embrapa, com base na Agenda 2030 proposta para o desenvolvimento sustentável (Nações Unidas, 2017b), cujas áreas de importância são: erradicação da pobreza e da fome das pessoas; proteção do planeta por meio da produção sustentável; prosperidade por meio do progresso econômico, social e tecnológico/ambiental; paz por meio da promoção de socie-

dades pacíficas, justas e inclusivas, isentas do medo da violência; e estabelecimento de parceria com base num espírito de solidariedade global.

O e-book 6, intitulado *Água e saneamento: contribuições da Embrapa*, aborda as soluções tecnológicas e pesquisas/estudos que versam sobre “água limpa e saneamento rural”, desenvolvidas por esta instituição ao longo dos seus 45 anos. O conhecimento gerado, baseado em estudos científicos, mostra ser possível o desenvolvimento da agricultura com o uso adequado do solo e da água, possibilitando o manejo integrado dos recursos hídricos. O e-book 6 disponibiliza para a sociedade soluções tecnológicas desenvolvidas ou adaptadas para diferentes biomas, mostrando como usar e manejar o solo e a água na produção vegetal, na criação animal e no saneamento, com o objetivo de evitar ou minimizar os seus possíveis/potenciais impactos ao meio ambiente.

Avanços, oportunidades e desafios

Nos últimos anos, no Brasil, a gestão das águas e do saneamento vem se fortalecendo e tem contribuído com a melhoria da qualidade de vida e com o desenvolvimento rural sustentável. Entretanto, ainda existem desafios a serem superados no que diz respeito ao acesso regular e permanente à água e ao saneamento, inclusive no meio rural. O Brasil é um dos países que possui a maior disponibilidade hídrica do planeta – aproximadamente 18% da água doce que flui pelos rios do mundo. Para que a gestão desse patrimônio social e ambiental seja adequada e sustentável, a integração entre governos, usuários da água e sociedade civil organizada é uma condição fundamental.

Os grandes desafios relacionados com a água na produção agropecuária dizem respeito à quantidade e à qualidade. Em tempos de crise hídrica, a questão do uso racional da água nos processos produtivos é pauta obrigatória em qualquer fórum de discussão. Frente aos padrões atuais de disponibilidade e demanda hídrica, a cultura do desperdício deve ser substituída por outra de racionalidade e otimização do uso de recursos tão importantes como a água, solo e biodiversidade.

O tema água pode e deve ser trabalhado em diversas frentes dentro de um sistema de produção, mas, mais do que nunca, essas perspectivas devem estar inseridas em uma escala de bacia hidrográfica. As preocupações com a água devem iniciar na sua origem, nas fontes de captação, armazenamento e tratamento da água, e no dimensionamento da estrutura física produtiva em relação à disponibili-

lidade local e regional do recurso. Deve-se abordar também um correto plano de monitoramento de qualidade, além do uso consciente em relação aos níveis de consumo, dentro e fora das áreas de produção e, quando necessário, na estimulação do reúso da água para fins menos nobres.

Por ser um recurso indispensável em qualquer tipo de produção, sua quantidade e qualidade são determinantes no desempenho de quase todas as atividades econômicas desenvolvidas pelo homem. Qualquer desperdício pode ser traduzido como um “mau aproveitamento”. A inclusão de um melhor aproveitamento de um recurso na pauta de negócios de uma atividade pode gerar lucro ou, no mínimo, poupar gastos. Conservar água é reduzir custo de produção. Reciclar resíduos é transformá-los em produto com valor agregado. Porém, o caminho envolve mudanças de atitude, não apenas do governo e setores da indústria e comércio, mas de toda a sociedade. O trinômio Redução-Reúso-Reciclagem devem, cada vez mais, estar presente na agenda da água e de seus usuários, e, evidentemente, o setor agrícola pode ter um papel fundamental na implementação desses conceitos, não apenas no meio rural, mas também em relação às externalidades de ambientes urbanos.

O uso racional da água na produção agropecuária deve sempre buscar a otimização da conversão da água de qualidade em produtos saudáveis. Esse é um dos pontos-chave para a sustentabilidade da cadeia de produção agrícola. Apesar dos grandes avanços tecnológicos dos últimos anos, muitas oportunidades de melhoria ainda existem.

A água deve ser pensada em termos de bacia hidrográfica, e não apenas de propriedade. É muito importante ter em mente que cada água é diferente, de propriedade para propriedade, dependendo de sua origem, sua região, da época do ano, das infraestruturas existentes, dos tratamentos disponibilizados, do seu armazenamento e de sua manipulação. E para todas essas etapas existe conhecimento técnico e científico para o melhor uso dos recursos hídricos, com garantias de que é possível minimizar os impactos que qualquer cenário de crise hídrica, seja ela motivada por secas ou cheias.

Em boa parte do Brasil, os níveis baixos dos reservatórios impõem a necessidade de novas abordagens em relação ao uso da água, pois sua falta afeta muito mais do que apenas o consumo desse próprio recurso. Num país onde a base energética é a geração hidrelétrica, a água também é fundamental para qualquer processo que dependa de energia. Essas novas abordagens envolvem uma valorização maior desse recurso, muitas vezes não contabilizado de forma ideal nas atividades

econômicas. Portanto, é preciso avançar na governança da água no Brasil, que demanda decisões políticas, maiores investimentos, mobilização e participação da sociedade, eficiência na gestão, mas também no desenvolvimento de soluções de pesquisa para otimização de recursos financeiros e humanos, redução das perdas e reúso da água, tratamento e disposição de efluentes e métodos eficazes para a conservação agroambiental, que refletem diretamente nos recursos hídricos.

Segundo o *Relatório das Nações Unidas sobre o desenvolvimento de água 2015: água para um mundo sustentável* (Water..., 2015), as interconexões entre água e desenvolvimento sustentável vão muito além de suas dimensões sociais, econômicas e ambientais. A saúde humana, a segurança alimentar e energética, o saneamento, a urbanização e o crescimento industrial, bem como as mudanças climáticas, são áreas críticas de desafio, em que as políticas e ações de vital importância para o desenvolvimento sustentável podem ser fortalecidas (ou enfraquecidas) por meio da água.

A persistência da pobreza, o acesso desigual ao abastecimento de água e serviços de saneamento, o financiamento inadequado e a informação deficiente sobre o estado dos recursos hídricos, seu uso e gerenciamento, têm imposto restrições à gestão desses recursos e à capacidade de contribuírem para o alcance de objetivos de desenvolvimento sustentável.

Segundo a ONU,

As grandes prioridades para região da América Latina e Caribe são construir a capacidade institucional formal para gerenciar os recursos hídricos e promover a integração sustentável da gestão desses recursos para o desenvolvimento socioeconômico e a redução da pobreza. Outra prioridade é garantir o pleno cumprimento do direito humano à água e ao saneamento no âmbito da agenda de desenvolvimento pós-2015. (Água..., 2015, p. 6).

Quanto à pesquisa agropecuária, muitos são os desafios brasileiros em prol do desenvolvimento sustentável, passando pela sistematização de todo o conhecimento gerado, padronização e integração de métodos, tradução do conhecimento em soluções a serem diretamente apropriadas pela sociedade, recursos financeiros suficientes, aproximação de cientistas e tomadores de decisão, dentre outros.

As inúmeras oportunidades para a pesquisa agropecuária, especificamente para a Embrapa, quanto ao potencial de participação na melhoria da gestão integrada de recursos hídricos a partir de suas inúmeras soluções tecnológicas, é sem dúvida

vida um valioso apoio para o Brasil contribuir efetivamente com o atingimento dos desafios futuros impostos pelo ODS 6. Elaborar e implementar projetos, programas e atividades voltados para a capacitação de recursos humanos visando à gestão de recursos hídricos, no âmbito do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh), é uma das formas de atender aos desafios do futuro. A própria participação da Embrapa no Singreh é uma forma de aproximar o setor agropecuário das esferas de discussão e gestão dos recursos hídricos, levando, acima de tudo, conhecimento para os processos de decisão.

O Programa Nacional de Solos (PronaSolos) constitui uma oportunidade de se adequar uma estrutura de pesquisa em solos para aumentar o nível de conhecimento dos solos brasileiros, visando ao manejo sustentável dos recursos naturais, com destaque para o solo e a água. O PronaSolos disponibilizará instrumento para governança dos solos no território nacional, possibilitando o poder público e a iniciativa privada contribuir para que o Brasil tenha um desenvolvimento agropecuário ordenado e de longo prazo. Contando com uma rede de instituições de todo o País, o PronaSolos disponibilizará mapas de solos em escalas compatíveis para a elaboração de planos de manejo de bacias hidrográficas, muitas das quais são responsáveis pela oferta hídrica às populações e aos setores produtivos.

Por fim, a lei brasileira de recursos hídricos tem como uma de suas principais premissas a necessidade de participação e articulação entre os diferentes atores que se relacionam diretamente com o tema. A gestão descentralizada e participativa é, sem dúvida, algo extremamente moderno e relevante, principalmente num país com a extensão do Brasil, entretanto, de difícil implementação. A sociedade foi chamada para participar do processo de gestão dos recursos hídricos e, considerando que conhecimento é fundamental para a gestão de qualquer que seja o bem, recurso ou atividade, a Embrapa vem contribuindo e pode contribuir muito mais para a adequada gestão territorial e dos recursos hídricos no País ou mesmo em outros continentes, com tecnologias e estudos que podem dar suporte ao processo de tomada de decisão, principalmente nos casos em que as questões postas tiverem relação com o meio rural. A participação no sistema pode também orientar e motivar novos projetos e parcerias na busca de soluções para os problemas existentes e o efetivo atingimento das metas estabelecidas pelo ODS 6, com água e saneamento para todos.

Referências

ÁGUA para um mundo sustentável: sumário executivo. Colombella: Unesco, 2018. 8 p. Relatório mundial das Nações Unidas sobre desenvolvimento dos recursos hídricos.

NAÇÕES UNIDAS. **A ONU e a água.** 2017a. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acao/agua/>>. Acesso: 8 dez. 2017.

NAÇÕES UNIDAS. **Agenda 2030.** 2017b. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acesso em: 8 dez. 2017.

NAÇÕES UNIDAS. **Conheça os novos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU.** 2017. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/conheca-os-novos-17-objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-da-onu/>>. **Acesso: 8 dez. 2017.**

UNITED NATIONS. **2010 UN Summit.** 2010. Disponível em: <<http://www.un.org/en/mdg/summit2010/>>. Acesso: 8 dez. 2017.

WATER for a sustainable world. Paris: Unesco, 2015. (The United Nations World Water Development report, 2015). Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002318/231823E.pdf>>. Acesso em: 7 dez. 2017.

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO

ISBN 978-85-7035-781-6



9 788570 357816

CGPE 14432