

OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL



AGRICULTURA & MEIO AMBIENTE

A BUSCA PELA SUSTENTABILIDADE

*Marcelo Augusto Boechat Morandi • Ana Paula Contador Packer • Rodrigo Mendes
Janaína Paula Marques Tanure • Cristiano Alberto de Andrade • Cristiano Menezes*

Editores Técnicos

Embrapa

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Meio Ambiente
Ministério da Agricultura e Pecuária*

AGRICULTURA & MEIO AMBIENTE

A BUSCA PELA SUSTENTABILIDADE

**Marcelo Augusto Boechat Morandi
Ana Paula Contador Packer
Rodrigo Mendes
Janaína Paula Marques Tanure
Cristiano Alberto de Andrade
Cristiano Menezes**

Editores Técnicos

Embrapa
Brasília, DF
2024

Embrapa
Parque Estação Biológica
Av. W3 Norte (final)
70770-901 Brasília, DF
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Responsável pelo conteúdo e editoração
Embrapa Meio Ambiente
Rodovia SP 340, Km 127,5
Tanquinho Velho - Jaguariúna, SP - CEP 13918-110
www.embrapa.br/meio-ambiente

Comitê Local de Publicações
Presidente: *Janaina Paula Marques Tanure*
Secretário Executivo: *Anderson Soares Pereira*

Membros: *Robson Rolland Monticelli Barizon, Aline Telles Biasoto Marques, Alfredo José Barreto Luiz, Marcos Eliseu Losekann, Maria Cristina Tordin, Maria de Cléofas Faggion Alencar, Nilce Chaves Gattaz, Priscila de Oliveira, Sonia Claudia do Nascimento de Queiroz e Victor Paulo Marques Simão*

Revisão de texto: *Reinaldo Rodrigues, Nilce Chaves Gattaz e Eliana de Souza Lima*

Normalização bibliográfica: *Victor Paulo Marques Simão e Maria de Cléofas Faggion Alencar*

Capa e projeto gráfico: *Paulo Eduardo Marchezini*

Editoração eletrônica: *Paulo Eduardo Marchezini*

Imagem de capa elaborada com fusão de fotos dos autores: *Lilian Alves; L. C. Jaques e Felipe Santos da Rosa*

1ª edição

Publicação digitalizada (2024): PDF

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 Meio Ambiente

Agricultura & meio ambiente: a busca pela sustentabilidade / Marcelo Augusto Boechat Morandi ... [et al.], editores técnicos. -- Brasília, DF : Embrapa, 2024.

PDF (1010 p.) : il. color.

ISBN 978-65-5467-054-8

1. Cana-de-açúcar. 2. Adequação agroambiental. 3. Biocarvão e biossólidos. 4. Sistemas agroflorestais agroecológicos. 5. Morango. 6. Conservação do solo e água. 7. Monitoramento ambiental. 8. Abelhas-sem-ferrão. 9. Sistemas agroalimentares. 10. Avaliação do ciclo de vida. 11. Indicadores de sustentabilidade. 12. Bioindicadores. 13. Monitoramento hidrológico. 14. Avaliação ecotoxicológica. 15. Resíduos e contaminantes. 16. Bioprospecção de microrganismos. 17. Controle biológico de plantas. 18. Serviços quarentenários. 19. Microbioma da rizosfera. 20. Bioinsumos. 21. OGM. 22. Agenda 2030. 23. Mudança climática e doenças e pragas. 24. Mudança climática e problemas fitossanitários. 25. Gases de efeito estufa. 26. Inventários GEE. 27. Agricultura de baixo carbono. 28. Políticas públicas. I. Morandi, M. A. B. II. Packer, A. P. C. III. Mendes, R. IV. Tanure, J. P. M. V. Andrade, C. A. de. VI. Menezes, C.

CDD (21. ed.) 363.7

"O futuro não é um lugar onde estamos indo, mas um lugar que estamos criando. O caminho para ele não é encontrado, mas construído e o ato de fazê-lo muda tanto o realizador quanto o destino"

John Schaar

AUTORES

Adriana Marlene Moreno Pires

Engenheira-agrônoma, doutora em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisadora da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS

Alejandro Mario Rago

Engenheiro-agrônomo, mestre em Fitopatologia, diretor nacional de pesquisa e desenvolvimento do Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina

Alexandre Ortega Gonçalves

Engenheiro-agrônomo, doutor em Engenharia de Sistemas Agrícolas, pesquisador da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ

Alfredo José Barreto Luiz

Engenheiro-agrônomo, doutor em Sensoriamento Remoto, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Alice Watte Schwingel

Zootecnista, doutora em Agronomia, bolsista na Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS

Aline Peregrina Puga

Engenheira-agrônoma, doutora em Agricultura Tropical e Subtropical, especialista agrônômica da Mosaic Fertilizantes, Campinas, SP

Ana Carolina Martins de Queiroz

Bióloga, mestre em Zoologia, analista da Embrapa Ambiente, Jaguariúna, SP

Ana Lúcia Penteado

Farmacêutica, doutora em Tecnologia de Alimentos, pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Ana Maria Cirino Ruocco

Bióloga, doutora em Zoologia, profissional autônoma, Botucatu, SP

Ana Paula Contador Packer

Engenheira-agrônoma, doutora em Química Analítica, pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Anderson Soares Pereira

Engenheiro-agrônomo, doutor em Irrigação e Drenagem, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

André Nepomuceno Dusi

Engenheiro-agrônomo, doutor em Virologia, pesquisador da Embrapa lotado no Departamento de Gestão Corporativa - DEGES da Secretaria de Defesa Agropecuária - SDA, do Ministério da Agricultura e Pecuária, Brasília, DF

André May

Engenheiro-agrônomo, doutor em Produção Vegetal, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Anna Leticia Montenegro Turtelli Pighinelli

Engenheira agrícola, doutora em Engenharia Agrícola, analista da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Antonio Dias Santiago

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Unidade de Execução de Pesquisa de Rio Largo (UEP - Rio Largo) da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Rio Largo, AL

Antonio Luiz Cerdeira

Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Bioquímica, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Artur Jordão de Magalhães Rosa

Zootecnista, doutor em Genética, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Augusto Guerreiro Fontoura Costa

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Algodão, Campina Grande, PB

Beatriz de Aguiar Giordano Paranhos

Engenheira-agrônoma, doutora em Ciências Biológicas, pesquisadora da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE

Bernardo de Almeida Halfeld-Vieira

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Célia Maria Doria Frasca-Scorvo

Zootecnista, mestre em Aquicultura, pesquisadora da Agência Paulista de Tecnologias dos Agronegócios da Secretaria de Agricultura e Abastecimento de São Paulo, Monte Alegre do Sul, SP

Celso Vainer Manzatto

Engenheiro-agrônomo, doutor em Produção Vegetal, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Claudio César de Almeida Buschinelli

Ecólogo, doutor em Geografia, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Claudio Martín Jonsson

Farmacêutico, doutor em Biologia Funcional e Molecular, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Cristiano Alberto de Andrade

Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Cristiano Campos Mattioli

Zootecnista, doutor em Zootecnia, bolsista no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM

Cristiano Menezes

Biólogo, doutor em Entomologia, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Daniel Gomes dos S. W. Loebmann

Geógrafo, mestre em Geografia, analista da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Daniel Terao

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Daniela Maciel Pinto

Bibliotecária, mestre em Ciência da Informação, analista da Embrapa Territorial, Campinas, SP

Danilo Tosta Souza

Engenheiro-agrônomo, doutor em Microbiologia Agrícola, bolsista na Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Debora Renata Cassoli de Souza Dutra

Química, doutora em Química Analítica, analista da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Deise Maria Fontana Capalbo

Engenheira de alimentos, doutora em Engenharia de Alimentos, pesquisadora aposentada da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Edson Watanabe (in memoriam)

Engenheiro de alimentos, Ph.D. em Ciência dos Alimentos, pesquisador da Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ

Eliana Maria Gouveia Fontes

Bióloga, Ph.D. em Entomologia, pesquisadora da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF

Elisangeles Baptista de Souza

Engenheira-agrônoma, especialista em Gestão Rural e Agroindustrial, assessora técnica da Federação da Agricultura do Estado do Paraná (FAEP), Curitiba, PR

Emília Hamada

Engenheira agrícola, doutora em Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento, pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Eunice Reis Batista

Bióloga, doutora em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente, pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Everton Santos Dias

Biólogo, doutor em Entomologia, professor da Faculdade SESI-SP de Educação, São Paulo, SP

Fagoni Fayer Calegario

Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia, pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Fernanda Garcia Sampaio

Zootecnista, doutora em Ciências Fisiológicas, pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Fernando Dini Andreote

Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, professor titular da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP

Fernando Henrique Cardoso

Engenheiro químico, mestre em modelagem e simulação de processos, bolsista na Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Francisco Miguel Corrales

Engenheiro-agrônomo, mestre em Ciência Ambiental, analista da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Francislene Angelotti

Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia, pesquisadora da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE

Gabriel Moura Mascarin

Engenheiro-agrônomo, doutor em Entomologia, analista da Embrapa Ambiente, Jaguariúna, SP

Geraldo Stachetti Rodrigues

Ecólogo, Ph.D. em Ecologia e Biologia Evolutiva, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Gilberto José de Moraes

Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Entomologia, professor aposentado da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP

Gileno Lacerda Vieira Junior

Biólogo, doutor em Genética de Microrganismos, bolsista na Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Gustavo Bayma

Geógrafo, mestre em Sensoriamento Remoto, analista da Embrapa Ambiente, Jaguariúna, SP

Hamilton Hisano

Zootecnista, doutor em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Helber Custódio de Freitas

Meteorologista, doutor em Ecologia Aplicada, professor assistente doutor da Faculdade de Ciências de Bauru - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru, SP

Herbert Cavalcante de Lima

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência dos Alimentos, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, SP

Hugo Henrique Lanzi Saulino

Biólogo, doutor em Ecologia e Recursos Naturais, bolsista na Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP

Humberto Ribeiro da Rocha

Engenheiro civil-aeronáutico, doutor em Meteorologia, professor titular do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP

Inácio de Barros

Engenheiro-agrônomo, doutor em Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

Itamar Soares de Melo

Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Janaína Paula Marques Tanure

Bióloga, mestre em Genética e Melhoramento, analista da Embrapa Ambiente, Jaguariúna, SP

Jeanne Scardini Marinho-Prado

Engenheira-agrônoma, doutora em Entomologia, pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

João Carlos Canuto

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agroecologia, pesquisador aposentado da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

João Donato Scorvo Filho

Zootecnista, doutor em Aquicultura, pesquisador aposentado da Agência Paulista de Tecnologias dos Agronegócios da Secretaria de Agricultura e Abastecimento de São Paulo, Monte Alegre do Sul, SP

João Manoel Cordeiro Alves

Zootecnista, mestre em Aquicultura, consultor em aquicultura na aquabusiness consulting Ltda, Jaboticabal, SP

João Roberto Correia

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa Alimentos e Territórios, Maceió, AL

Joel Leandro de Queiroga

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

Jordana Alves Ferreira

Química, doutora em Ciências, bolsista na Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

José Felipe Ribeiro

Biólogo, Ph.D. em Ecologia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Josiane Barros Chiaramonte

Bióloga, doutora em Microbiologia Agrícola, gerente de pesquisa, desenvolvimento e inovação da Vittia S.A., São Joaquim da Barra, SP

Josias Correa de Faria

Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO

Josilaine Taeco Kobayashi

Bióloga, mestre em Ecologia, auditora ambiental da AECOM do Brasil Ltda, Belo Horizonte, MG

Juliane Fontana Koba

Química, doutora em Engenharia Química, analista da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Julio Ferraz de Queiroz

Oceanólogo, doutor em Ciências Agrárias, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Kathia Cristhina Sonoda

Bióloga, doutora em Ecologia de Agroecossistemas, pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Kátia de Lima Nechet

Engenheira-agrônoma, doutora em Fitopatologia, pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Kátia Regiane Brunelli

Engenheira-agrônoma, doutora em Fitopatologia, pesquisadora da Sakata Seed Sudamerica, Bragança Paulista, SP

Kátia Sampaio Malagodi-Braga

Bióloga, doutora em Ciências, pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Ladislau Araújo Skorupa

Engenheiro florestal, doutor em Ciências Biológicas, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Lauro Charlet Pereira

Engenheiro-agrônomo, doutor em Planejamento Rural Sustentável, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Letícia Sayuri Shiroma Franco

Química, mestre em Química Analítica, bolsista na Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Lilian Simara Abreu Soares Costa

Engenheira-agrônoma, doutora em Fitopatologia, bolsista na Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Lucas William Mendes

Biólogo, doutor em Ciências, professor doutor do Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP

Luciano Lourenço Nass

Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Lucimar Santiago de Abreu

Engenheira-agrônoma, doutora em Ciências Sociais, pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Luiz Octávio Ramos Filho

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agroecologia, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Magda Aparecida de Lima

Ecóloga, doutora em Geociências, pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Maike Rossmann

Bióloga, doutora em Engenharia Agrícola, bolsista no Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP

Marcelo Augusto Boechat Morandi

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitopatologia, pesquisador, Chefe da Assessoria de Relações Internacionais da Embrapa, Brasília, DF

Marcelo Gomes da Silva

Engenheiro-agrônomo, doutor em Geofísica Espacial, pesquisador assistente na Universidade do Texas Rio Grande Valley, McAllen/Texas, EUA

Márcia Mayumi Ishikawa

Médica-veterinária, doutora em Parasitologia Veterinária, pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Marcia Regina Assalin

Química, doutora em Ciências, analista da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Marco Antonio Ferreira Gomes

Geólogo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Marcos Antonio Vieira Ligo

Ecólogo, doutor em Ciências, pesquisador aposentado da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Marcos Corrêa Neves

Engenheiro-eletricista, doutor em Sensoriamento Remoto, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Marcos Eliseu Losekann

Zootecnista, mestre em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Maria Conceição Peres Young Pessoa

Matemática Aplicada, doutora em Engenharia Elétrica, pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Maria de Cléofas Faggion Alencar

Bibliotecaria, doutora em Educação, analista da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Maria José Amstalden Moraes Sampaio

Engenheira-agrônoma, Ph.D. em Bioquímica Molecular, pesquisadora da Assessoria de Relações Internacionais da Embrapa, Brasília, DF

Maria Lucia Zuccari

Bióloga, doutora em Agronomia, pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Mariana Silveira Guerra Moura e Silva

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

Mariangela Hungria

Engenheira-agrônoma, doutora em Ciência do Solo, pesquisadora da Embrapa Soja, Londrina, PR

Marília Ieda da Silveira Folegatti

Zootecnista, doutora em Tecnologia de Alimentos, pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Marília Regini Nuti

Engenheira de alimentos, mestre em Ciência dos Alimentos, pesquisadora da Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ

Mário Artemio Urchei

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Mônica Cibele Amancio

Advogada, doutora em Ciências Genômicas e Biotecnologia, analista da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF

Myrian Suely Teixeira Alves dos Santos Ramos

Engenheira-agrônoma, mestre em Educação Social e Animação Sociocultural, analista da Embrapa Ambiente, Jaguariúna, SP

Natalia Crespo Mendes

Química, doutora em Avaliação de Ciclo de Vida, bolsista na Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Nilza Patrícia Ramos

Engenheira-agrônoma, doutora em Fitotecnia, pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Oswaldo Machado Rodrigues Cabral

Meteorologista, doutor em Meteorologia, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Paulo Ernesto Meissner Filho

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA

Pedro Gerhard

Biólogo, doutor em Ecologia de Agroecossistemas, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Priscila de Oliveira

Engenheira-agrônoma, doutora em Fitotecnia, pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Rafael Mingoti

Engenheiro-agrônomo, doutor em Irrigação e Drenagem, analista da Embrapa Territorial, Campinas, SP

Rafaele Fernandes Zanesco

Bióloga, especialista em Gestão Estratégica da Qualidade, analista de qualidade pleno na Eurofins Agrosience Services, Indaiatuba, SP

Raffaella Rossetto

Engenheira-agrônoma, doutora em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisadora do Instituto Agronômico de Campinas, Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Cana, Jaú, SP

Renan Milagres Lage Novaes

Biólogo, especialista em Gestão de Projetos, analista da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Renata Ribeiro do Valle Gonçalves

Engenheira cartógrafa, doutora em Engenharia Agrícola, pesquisadora do Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP

Renato Berlim Fonseca

Desenhista industrial, mestre em Educação, analista da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Ricardo Borghesi

Zootecnista, doutor em Ciência Animal e Pastagens, pesquisador da Diretoria Executiva de Negócios da Embrapa, Brasília, DF

Ricardo Costa Rodrigues de Camargo

Biólogo, doutor em Zootecnia, Nutrição e Produção Animal/Apicultura, pesquisador da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI

Ricardo de Oliveira Figueiredo

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

Rita de Cássia Lourenço

Engenheira-agrônoma, mestre em Saúde Pública, auditora fiscal federal agropecuária do Ministério da Agricultura e Pecuária, Campinas, SP

Roberto Manolio Valladão Flores

Economista, Ph.D. em Economia Agrícola, pesquisador da Embrapa Pesca e Aquicultura, Palmas, TO

Robson Rolland Monticelli Barizon

Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Rodrigo Mendes

Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Rosana Faria Vieira

Engenheira-agrônoma, doutora em Microbiologia do Solo, pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Ruan Carnier

Engenheiro Ambiental e Sanitarista, doutor em Agricultura Tropical e Subtropical, bolsista na Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Sandra Furlan Nogueira

Engenheira-agrônoma, doutora em Química na Agricultura e no Ambiente, pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Sandro Eduardo Marschhausen Pereira

Engenheiro civil, doutor em Ciências, analista da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Santiago Vianna Cuadra

Meteorologista, doutor em Meteorologia Aplicada, pesquisador da Embrapa Agricultura Digital, Campinas, SP

Sergio de Oliveira Procópio

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Simone de Souza Prado

Engenheira-agrônoma, Ph.D. em Entomologia, pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Sonia Cláudia do Nascimento de Queiroz

Química, doutora em Ciências, pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Valéria Sucena Hammes

Engenheira-agrônoma, doutora em Planejamento Ambiental, pesquisadora aposentada da Embrapa, Brasília, DF

Vanessa Nessner Kavamura Noguchi

Bióloga, doutora em Microbiologia Agrícola, pesquisadora do Rothamsted Research, Harpenden, Reino Unido

Vera Lúcia Ferracini

Química, doutora em Ciências, pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Vera Lucia Scherholz S. de Castro

Médica-veterinária, doutora em Patologia Experimental e Comparada, pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Victor Paulo Marques Simão

Bibliotecário, analista da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Vinícius Gonçalves Maciel

Químico industrial, doutor em Engenharia e Tecnologia de Materiais, consultor na Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Wagner Bettiol

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Waldemore Moriconi

Bacharel em direito, especialista em Direito Ambiental, analista da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

William Viveiros

Biólogo, mestre em Ciências, gerente do setor de ecotoxicologia aquática e auditor do sistema de gestão da qualidade da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, São Paulo, SP

APRESENTAÇÃO

Com a projeção da população mundial atingindo a marca de 10 bilhões de pessoas nas próximas décadas, a pressão sobre os recursos naturais e a demanda por alimentos aumentam exponencialmente. Este cenário impõe uma série de desafios complexos, multifacetados e interconectados que devem ser enfrentados de forma urgente e abrangente. Estes desafios incluem a necessidade de aumentar a produção de alimentos de forma sustentável, usar fontes energéticas renováveis e de baixa emissão de gases de efeito estufa e preservar a biodiversidade e funcionalidade dos ecossistemas.

Neste cenário, a ciência tem construído caminhos para viabilizar tecnologias inovadoras que garantam a transformação dos sistemas agroalimentares de forma sustentável, equitativa e justa. Princípios amplos e globais para esta transformação estão presentes na Agenda 2030 das Nações Unidas, com seus 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), e cabe à pesquisa científica promover os avanços necessários para adequar as soluções aos contextos específicos de cada região e bioma. A Embrapa Meio Ambiente e seus parceiros têm feito isso há mais de 40 anos, promovendo o conhecimento e o desenvolvimento de tecnologias para a agricultura tropical, levando em conta seus impactos sociais, econômicos e ambientais.

A Embrapa Meio Ambiente nasceu em 1982 com a missão de integrar a produção agropecuária com a sustentabilidade em todas as suas dimensões. Esta missão foi ampliada e fortalecida durante a ECO 92 no Rio de Janeiro. Adotando uma abordagem disruptiva, baseada na tríade pesquisa, inovação e políticas públicas, a Unidade de Pesquisa tem se destacado em suas entregas para a sociedade. Com um olhar voltado para o futuro, ela tem sido capaz de contribuir significativamente com os ODS da Agenda 2030. Isso inclui iniciativas voltadas para a erradicação da pobreza (ODS 1), segurança alimentar (ODS 2), acesso à água potável e saneamento (ODS 6), promoção de energia limpa (ODS 7), adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo (ODS 12), combate às mudanças climáticas (ODS 13), conservação dos ecossistemas terrestres (ODS 15) e fortalecimento das parcerias globais para o desenvolvimento sustentável (ODS 17).

Este livro retrata a trajetória e o protagonismo da Embrapa Meio Ambiente na busca pela sustentabilidade da Agricultura e do Meio Ambiente em cinco grandes temas: Qualidade Agroambiental e Sistemas Produtivos Sustentáveis; Avaliação de Impactos e Gestão Ambiental da Agricultura; Bioprospecção e Biotecnologia Ambiental; Mudanças Climáticas Globais e Agricultura; Políticas Públicas. Em cada um desses temas são apresentadas soluções de pesquisa e desenvolvimento, inovação e

apoio a políticas públicas, no sentido de aumentar a produção de alimentos e promover a sustentabilidade dos sistemas agroalimentares, reduzindo os impactos ao meio ambiente e à biodiversidade.

Ana Paula Contador Packer
Chefe-Geral da Embrapa Meio Ambiente

PREFÁCIO

No mundo conturbado da atualidade, crescem polarizações de caráter ideológico, econômico, religioso, étnico, de gênero e de outras naturezas, levando nações inteiras a confrontos violentos e categorias profissionais importantes a desafiarem governos com provocações que raíam a desordem institucional.

Nesse cenário assustador, quatro novos cavaleiros do Apocalipse galopam avançam pelas fronteiras entre países e continentes, assombrando, com sua ferocidade, sociedades e governos, independentemente de suas crenças e realidades. São eles: a insegurança alimentar, a insegurança energética, as mudanças climáticas e a desigualdade social.

Parece cada vez mais claro que o grande adversário desses fantasmagóricos cavaleiros será a produção agropecuária. Só ela gerará alimentos e energia renovável, criando empregos e renda, além de garantir a preservação dos recursos naturais.

Essa ação vai ocorrer principalmente no cinturão tropical do planeta – América Latina, África subsaariana e boa parte da Ásia –, porque é aí que está a maior quantidade de terra disponível para o crescimento horizontal da produção, onde a produtividade pode aumentar com a inovação tecnológica. Com certeza, a Europa do leste também contribuirá com uma maior oferta de produtos agrícolas do que a atual, mas não na mesma proporção do cinturão tropical. E nessa vasta região, o Brasil detém a liderança tecnológica e pode ser o grande protagonista no combate aos cavaleiros do terror, inimigos da paz.

Mas esse protagonismo carece de uma estratégia cujos componentes são imensamente conhecidos e dependem da vontade política do Estado brasileiro, numa grande parceria entre o setor empresarial e o governo. São eles:

- Infraestrutura e logística, notadamente construídas a partir de parcerias público-privadas;
- Acordos comerciais com grandes países, ou blocos de países consumidores, que garantam o mercado indispensável ao crescimento;
- Política de renda alicerçada no seguro rural que consolide a estabilidade da atividade rural e agroindustrial;
- Tecnologias inovadoras com ênfase para a digitalização no campo e que considerem o mercado de carbono em perspectiva;
- Organização dos produtores, em especial por meio de cooperativas agropecuárias que agreguem valor às commodities agrícolas.

Mas nada disso faz sentido sem a questão central da competitividade global: sustentabilidade. Quem não produzir sustentavelmente, não terá espaço no mundo contemporâneo. E o Brasil pode e deve ser o campeão mundial de sistemas sustentáveis de produção.

Este livro é a prova clara dessa realidade. Com ele, a Embrapa Meio Ambiente mostra que temos todas as condições de ensinar ao mundo tropical como enfrentar vitoriosamente os quatro cavaleiros modernos do Apocalipse, transformando o cinturão tropical da Terra no redentor da paz universal. Basta que o Estado brasileiro se convença do papel que a História oferece ao nosso país e assuma a responsabilidade correspondente. A Embrapa está fazendo a sua parte.

Roberto Rodrigues

Professor Emérito da Fundação Getúlio Vargas – Agro
Ex-ministro da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

SUMÁRIO

Parte I • Qualidade Agroambiental e Sistemas Produtivos Sustentáveis	029
Capítulo 1 • Práticas sustentáveis na produção da cana-de-açúcar	031
Capítulo 2 • Adequação agroambiental da propriedade rural	061
Capítulo 3 • Uso de resíduos como fertilizantes e/ou condicionadores do solo: biocarvão e biossólidos	099
Capítulo 4 • Contribuições da pesquisa ao desenvolvimento e adoção de Sistemas Agroflorestais Agroecológicos	135
Capítulo 5 • Produção integrada de Morango (PIMo) como modelo de implementação de sistema de produção sustentável	169
Capítulo 6 • Conservação do Solo e da Água no Ambiente Agrícola	209
Capítulo 7 • Monitoramento Ambiental e Manejo Produtivo e Sanitário da Aqüicultura	237
Capítulo 8 • Avanços e desafios para a conservação e o manejo sustentável de abelhas-sem-ferrão	287
Capítulo 9 • Dimensão social e econômica dos sistemas agroalimentares da agricultura familiar	325

Parte 2 • Avaliação de Impactos e Gestão Ambiental da Agricultura	361
Capítulo 10 • Avaliação de Ciclo de Vida	363
Capítulo 11 • Avaliação de impactos e indicadores de sustentabilidade para gestão ambiental de atividades rurais	391
Capítulo 12 • Uso de bioindicadores na avaliação da qualidade ambiental	411
Capítulo 13 • Monitoramento Hidrológico em Bacias Agrícolas	451
Capítulo 14 • Organismos-teste e biomarcadores como ferramentas na avaliação ecotoxicológica em diferentes ecossistemas	487
Capítulo 15 • Métodos para a determinação de resíduos e contaminantes em amostras ambientais e de alimentos	519
Parte 3 • Bioprospecção e Biotecnologia Ambiental	559
Capítulo 16 • Bioprospecção de microrganismos com potencial de uso na agricultura	561
Capítulo 17 • Controle biológico de doenças de plantas	601
Capítulo 18 • Serviços quarentenários, visando controle biológico clássico, e estratégias para prevenção, monitoramento e controle de pragas	645
Capítulo 19 • O papel do microbioma da rizosfera no desenvolvimento e proteção das plantas	719
Capítulo 20 • Bioinsumos de origem vegetal para uso na agricultura	743
Capítulo 21 • OGM e agricultura – a ciência na solução de problemas	775

Parte 4 • Mudanças Climáticas Globais e Agricultura	817
Capítulo 22 • Mudança do Clima e a Agenda 2030	819
Apêndice A • Atuação da Embrapa Meio Ambiente no tema de mudanças climáticas	840
Capítulo 23 • Projeções de mudanças climáticas e seus impactos na distribuição geográfica de doenças e pragas agrícolas	841
Capítulo 24 • Mudanças climáticas e problemas fitossanitários	875
Apêndice A • Performance do experimento Climapest-FACE de 2011 a 2015, obtidos a partir dos valores em torno da concentração alvo de CO₂ (550±100 μmol.mol⁻¹)	910
Capítulo 25 • Monitoramento dos Fluxos de Gases do Efeito Estufa e Evapotranspiração em Cana-de-Açúcar: Balanços e Modelagem	911
Capítulo 26 • Inventários de Emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) na Agricultura e Pecuária	927
Capítulo 27 • Agricultura de Baixo Carbono: Alternativa para a Sustentabilidade e Adaptação às Mudanças Climáticas	959
Parte 5 • Políticas Públicas	995
Capítulo 28 • Atuação da Embrapa Meio Ambiente em Políticas Públicas	997

PARTE I

QUALIDADE AGROAMBIENTAL E SISTEMAS PRODUTIVOS SUSTENTÁVEIS

*"Sustentabilidade é sobre viver no nosso
planeta como se pretendêssemos ficar
nele para sempre"*
Sir David Attenborough

ADEQUAÇÃO AGROAMBIENTAL DA PROPRIEDADE RURAL

Ladislau Araújo Skorupa, José Felipe Ribeiro e Celso Vainer Manzatto

INTRODUÇÃO

Por adequação agroambiental de uma propriedade ou posse rural entende-se a adoção de um conjunto de condutas e práticas inter-relacionadas que buscam conciliar a produção agropecuária com a proteção e o uso sustentável dos recursos bióticos e abióticos ali presentes, aliada com a sanidade da produção, a saúde e o bem-estar do ser humano.

A ocupação da terra para uso agrícola, pecuário ou florestal, transformando um ecossistema natural em agroecossistema, traz consigo um potencial de geração de impactos ambientais sobre o solo, água e componentes bióticos do agroecossistema. Esses impactos se devem às atividades inerentes a essa transformação, como, por exemplo, pela substituição de parte da cobertura vegetal nativa para uso alternativo, o preparo do solo e a condução das atividades produtivas em conjunto com a gestão das áreas naturais remanescentes. A forma e as implicações de como isso ocorre depende tanto das expectativas quanto das decisões dos produtores sobre o uso e ocupação de suas terras, com reflexos ambientais e socioeconômicos internos e externos à unidade de produção. Dessa forma, há necessidade de serem consideradas as aptidões e a capacidade de suporte de cada porção da propriedade, buscando-se evitar impactos ambientais indesejáveis.

Efeitos da gestão inadequada das atividades nesses espaços têm sido amplamente relatados na literatura, relacionando-os às perdas de solos por processos erosivos (Araújo et al., 2005; Hernani et al., 2002; Bertoni; Lombardi Neto, 2008) e suas implicações sobre a disponibilidade, assoreamento e contaminação de recursos hídricos, perda de biodiversidade, maiores emissões de gases de efeito estufa (GEE), entre outros (Silva et al., 2011; Pereira et al., 2015).

Por outro lado, a ocupação seguida de uma gestão adequada desses espaços propicia a provisão de diferentes benefícios denominados serviços ecossistêmicos (SE). Uma referência dessa abordagem é dada pela publicação “Millennium Ecosystem Assessment” (2005), que define SE como os benefícios que o homem obtém dos ecos-

sistemas, classificando-os em quatro categorias: suporte, provisionamento, regulação e culturais (Figura 2.1). Nessa classificação, as atividades agropecuárias se apresentam não apenas como produtoras de alimentos, fibras e energia, mas também participando da oferta de outros importantes SE, como na ciclagem de nutrientes, mitigação de GEE, conservação e proteção do solo, entre outros. A contribuição ativa feita por ações do proprietário ou possuidor por meio da adoção de práticas sustentáveis quanto ao uso da terra, do manejo dos ecossistemas naturais e da modelagem da paisagem para a continuidade dos processos ecológicos e a provisão de serviços ecossistêmicos é reconhecida como prestação de serviços ambientais (SA) (Muradian et al., 2010). Uma abordagem conceitual de serviços ecossistêmicos e as relações com a agricultura são tratados no “Marco Referencial em Serviços Ecossistêmicos” por Ferraz et al. (2019).

O melhor entendimento das inter-relações das atividades agropecuárias com os componentes do ambiente natural também fortaleceu a percepção das implicações desses impactos na produção agropecuária, revelando que a conservação do capital natural é o fator chave para a garantia da sustentabilidade das atividades produtivas (Constanza et al., 1997). Da mesma forma, é consenso que as externalidades negativas ou positivas delas decorrentes repercutem não apenas na propriedade, mas, direta ou indiretamente, em maior ou menor grau, em diferentes escalas geográficas. Trata-se, portanto, de uma das facetas do conceito de multifuncionalidade da agricultura e da paisagem rural, em que parte dos serviços ofertados apresenta características de externalidades e de bens públicos (Organisation for Economic Co-Operation and Development, 2001; Chiodi; Marques, 2018; De Carli et al., 2018; Sousa; Paula, 2019; Toniolo et al., 2021).

Do ponto de vista de mercados, há pressões sobre a produção agropecuária no sentido de adequar seus processos produtivos a requisitos de sustentabilidade. Embora não seja um fato novo, atualmente tais pressões têm se intensificado, em especial, a partir dos desdobramentos das discussões em torno da mudança do clima, das contribuições das mudanças do uso do solo e da agropecuária no aumento das emissões de GEE (SEEG, 2022), e dos compromissos internacionais (voluntários ou não) assumidos pelo País em torno do tema. A exemplo disso, a inserção da discussão sobre produção sustentável no mundo corporativo tem se relacionado à denominada Agenda ESG (Environmental, Social, Governance), a qual trata das condutas adotadas pelas empresas com relação ao meio ambiente, responsabilidade social e governança (The World Bank, 2004).

No conjunto desses movimentos, tem havido importantes avanços na formulação e implementação políticas públicas relevantes, como da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (LPVN), Lei nº 12.651/2012, também conhecida como o novo Código Florestal (Brasil, 2012b); da Política Nacional da Mudança do Clima, Lei 12.187 (Brasil, 2009);

do Plano ABC (Brasil, 2012d), do Plano ABC+ (Brasil, 2021b), e também de políticas correlatas, como a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais, Lei nº 14.119 (Brasil, 2021a).



Figura 2.1. Categorias de serviços ecossistêmicos, considerando sua inserção em diversas escalas.
Fonte: Adaptado de Millennium Ecosystem Assessment (2005)

Este capítulo aborda a adequação agroambiental da propriedade rural sob a perspectiva da gestão da paisagem, integrando a produção agropecuária – associada a boas práticas – com a conservação de áreas naturais, eliminando ou mitigando riscos e potencializando a oferta de serviços ecossistêmicos e ambientais. Dado que as contribuições desses componentes são difusas, a adequação agroambiental é discutida do ponto de vista legal acerca do uso e da ocupação das áreas da propriedade, assim como das previsões legais sobre as diferentes formas para a recuperação de áreas degradadas ou alteradas. Ao lado disso, também são discutidas a adoção de boas práticas agropecuárias (BPA), incluindo aspectos relacionados ao uso e manejo sustentável do solo e da água, e de processos tecnológicos sustentáveis relacionados à condução de culturas e criações.

INSTRUMENTOS LEGAIS QUE REGULAM O USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

No que se refere a aspectos legais, um dos principais instrumentos que orientam e disciplinam o uso e ocupação do solo em uma propriedade rural é a Lei nº 12.651/2012 que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa (LPVN) (Brasil, 2012b), alterada em alguns pontos pela Lei nº 12.727/2012 (Brasil, 2012c), e regulamentada pelos Decretos Federais nº 7.830/2012 e 8.235/2014 (Brasil, 2012a; Brasil, 2014). Ao lado destes, estão os relacionados aos processos de licenciamento ambiental voltados para a atividades agropecuária, em especial a Resolução Conama nº 01 (Brasil, 1986a); Resolução Conama nº 237 (Brasil, 1997) e Lei Complementar Federal nº 140 (Brasil, 2011). Além desses outros merecem destaque, como a Política Nacional do Meio Ambiente (Brasil, 1981), da Lei de Crimes Ambientais (Brasil, 1998; Brasil, 2008), da lei que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (Brasil, 2000) e da lei de proteção da Mata Atlântica, Lei nº 11.428 (Brasil, 2006a).

LEI DE PROTEÇÃO DA VEGETAÇÃO NATIVA (LPVN)

A LPVN (Brasil, 2012b) trouxe alguns avanços no que diz respeito à previsão de instrumentos voltados para o levantamento do estado de conservação da vegetação nativa no território brasileiro, especialmente, no nível da propriedade ou posse rural. Entre os instrumentos incorporados na nova lei no âmbito do Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente (SINIMA) está a criação do Cadastro Ambiental Rural (CAR) e do Programa de Regularização Ambiental (PRA) pelos órgãos ambientais estaduais, este último criando condições para que os estados orientem e acompanhem os produtores rurais na elaboração e implementação das ações necessárias

para a regularização de áreas com passivos ambientais nas suas propriedades ou poses rurais. Tais instrumentos permitirão que o Governo Federal e estados conheçam não apenas a localização de cada imóvel rural, como também o seu estado de adequação ambiental, agregando e integrando informações ambientais para uso no planejamento e monitoramento ambiental. Até agosto de 2022 já haviam sido cadastrados 6,7 milhões de imóveis rurais, somando uma área de 624,8 milhões de hectares (Serviço Florestal Brasileiro, 2022).

A Lei reconhece quatro categorias de ocupação na propriedade rural: Áreas de Preservação Permanente (APP), Áreas de Reserva Legal (ARL) e Áreas de Uso Restrito (AUR); as demais áreas da propriedade, não enquadradas como de APP e ARL configuram-se como Áreas de Uso Alternativo do Solo (AUA). Suas definições, bem como as condições para o seu uso e ocupação, conforme a referida lei, são apresentadas abaixo. A Figura 2.2 representa a concepção de uma propriedade rural típica, em que as categorias acima são apontadas.

A aplicação da lei em termos de permissividade de uso dessas áreas, assim como das dimensões mínimas a serem consideradas para fins de recomposição em caso da existência de passivos ambientais envolvem a aplicação dos conceitos de “área rural consolidada”, “pequena propriedade ou posse rural familiar” e “módulo fiscal” (BOX 1).

• Área rural consolidada: *área de imóvel rural com ocupação antrópica preexistente a 22 de julho de 2008, com edificações, benfeitorias ou atividades agrossilvipastoris, admitida, neste último caso, a adoção do regime de pousio (Brasil, 2012b);*

• Pequena propriedade ou posse rural familiar: Para efeito da Lei nº 12.651/2012, são consideradas pequenas propriedades aquelas com dimensões inferiores a quatro módulos fiscais e que desenvolvam atividades agrossilvipastoris, além de terras indígenas e de áreas de povos e comunidades tradicionais (Brasil, 2012b);

• Módulo fiscal: unidade de medida, em hectares, cujo valor é fixado pelo Inca para cada município levando-se em conta: (a) o tipo de exploração predominante no município (hortifrutigranjeira, cultura permanente, cultura temporária, pecuária ou florestal); (b) a renda obtida no tipo de exploração predominante; (c) outras explorações existentes no município que, embora não predominantes, sejam expressivas em função da renda ou da área utilizada; (d) o conceito de “propriedade familiar” (Brasil, 1979; Brasil, 2006b). A dimensão de um módulo fiscal varia de acordo com o município em que a propriedade está localizada. O valor do módulo fiscal no Brasil varia de 5 a 110 hectares (Figura 2.4).

► NACIONAL

►► REGIONAL

►►► BACIA HIDROGRÁFICA

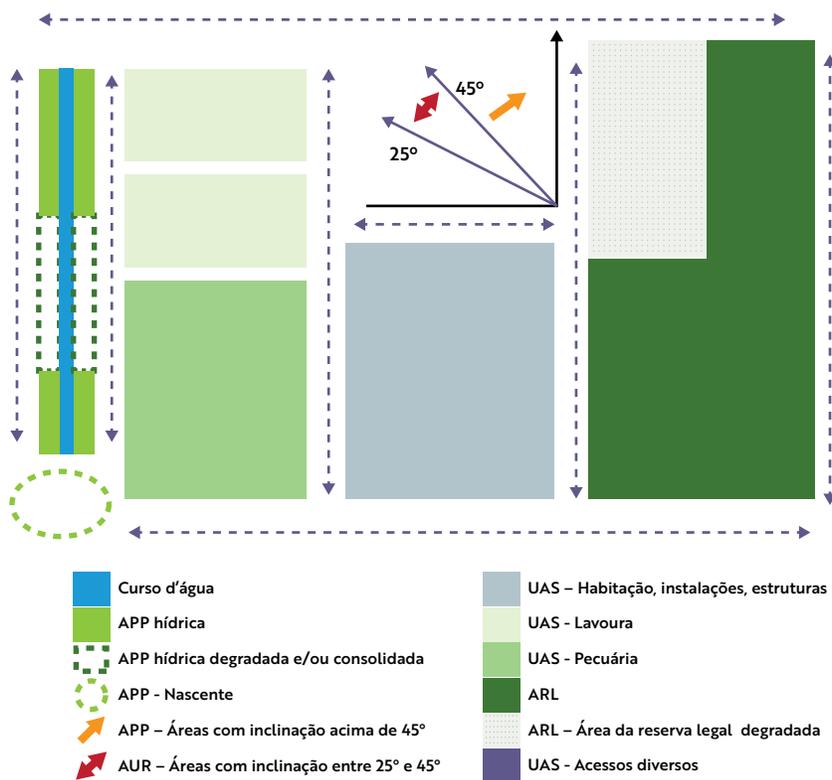


Figura 2.2. Configuração de uma propriedade rural típica e os principais tipos de uso e ocupação por categoria (APP – Área de Preservação Permanente; ARL – Área de Reserva Legal; AUR – Área de Uso Restrito; UAS – Uso Alternativo do Solo).

ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP)

Segundo a LPVN, APP são *áreas protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas* (Brasil, 2012b). A definição de APP já incorpora os SE por elas ofertadas. Desse conjunto, do ponto de vista da produção agrícola, vale destacar a sua contribuição na proteção do solo e dos recursos hídricos, na garantia de oferta de água em quantidade e qualidade, bem como do seu papel nem sempre reconhecido no abrigo a organismos polinizadores e predadores naturais de pragas de culturas (Silva et al., 2011).

Os principais tipos de APP em uma propriedade rural incluem:

- i. as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente (Figura 2.3A e 2.3B), cujas dimensões são definidas consoante a largura do curso d'água, a partir de sua calha regular, conforme Tabela 2.1.

Tabela 2.1. Dimensão da largura de APP fluviais de acordo com a LPVN.

Largura do curso d'água (m)	Largura da APP (m)
Até 10	30
Entre 10 e 50	50
Entre 50 e 200	100
Entre 200 e 600	200
Superior a 600	500

- ii. faixas marginais de veredas, cuja largura mínima deve ser de 50 metros em projeção horizontal, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado (Figura 2.3D)
- iii. as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais em faixa com largura mínima de 50 metros para espelhos com área de até 20 ha; e de 100 metros para espelhos d'água com área superior a 20 hectares.
- iv. áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais decorrentes de represamento de cursos d'água naturais destinados ao abastecimento público ou a geração de energia, a largura mínima deve ser de 30 metros e a máxima de 100 metros.
- v. encostas ou partes dessas com declividade superior a 45° (Figura 2.3C).

- vi. áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes num raio mínimo de 50 metros.

Além desses tipos, também são consideradas APP áreas de restingas e manguezais (Figura 2.3E e 2.3F); bordas dos tabuleiros ou chapadas; topos de morro e áreas em altitude superior a 1.800 metros; e outras declaradas de interesse social pelo Poder Executivo (Art. 6), tais quais áreas destinadas a conter processos erosivos do solo, riscos de deslizamentos e enchentes, proteção de várzeas e outras áreas úmidas, abrigo da flora e fauna, entre outras (Art. 6).

A intervenção ou supressão de vegetação em APP é possível quando for configurado interesse social, de utilidade pública ou de baixo impacto ambiental. Em situações de interesse social em pequena propriedade ou posse rural – benefício extensivo à imóveis com até quatro módulos fiscais (Art. 3, parágrafo único), de povos e comunidades tradicionais –, destacam-se as seguintes atividades: (1) exploração agroflorestal, desde que não comprometa a função ambiental da área ou descaracterize a cobertura vegetal; (2) o plantio de culturas temporárias na porção exposta no período de vazante, desde que não comprometa a qualidade da água, a proteção da fauna e que não haja a supressão de vegetação nativa (Art. 4, parágrafo 5º).

De um modo geral, seja em pequena propriedade ou não, as principais atividades consideradas de interesse social que possibilitam a intervenções em APP são aquelas relacionadas ao combate ao fogo e proteção da vegetação nativa, a plantios, controle de processos erosivos e a extração de areia, cascalho, argila e saibro, desde que autorizadas pela autoridade competente.

Fotos: J.F. Ribeiro (A e D); L.A. Skorupa (B,C,E e F)

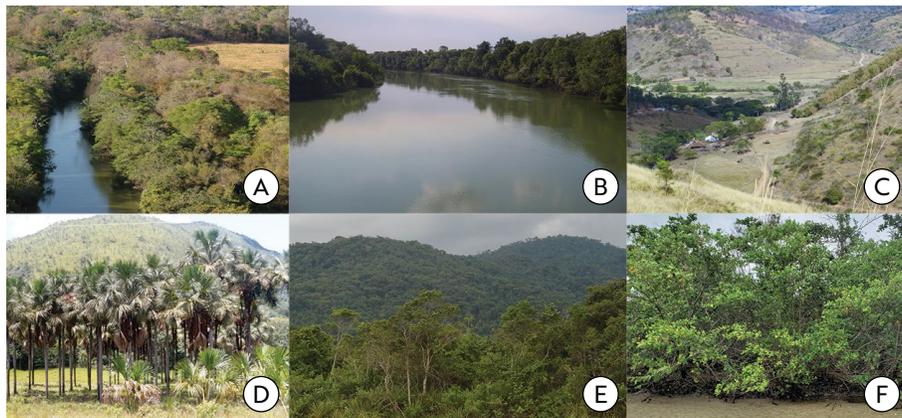


Figura 2.3. Algumas categorias de Áreas de Preservação Permanente: (A) e (B) faixas marginais de qualquer curso d'água natural (matas ciliares); (C) encostas ou partes destas com declividade superior a 45°; (D) faixas marginais de veredas; (E) restinga; (F) mangue.

Entre as atividades de utilidade pública, podem ser citadas obras de infraestrutura destinadas à proteção sanitária, transporte, energia, telecomunicações, de defesa civil, entre outros (Art. 3; Inciso VIII).

Por sua vez, com relação às atividades de baixo impacto ambiental, destacam-se a abertura de pequenos acessos internos para pessoas e animais, incluindo a obtenção de água e de produtos do manejo agroflorestal sustentável comunitário e familiar, como a extração de produtos não-madeireiros; ações de ecoturismo; acesso à embarcações; construção de cercas, entre outras, desde que não descaracterizem a vegetação ou comprometam a função ambiental da área (Art. 3, inciso X).

Além das previsões acima, também são permitidas atividades relacionadas à aquicultura em imóveis com até 15 módulos fiscais, desde que o imóvel cumpra as exigências legais, incluindo o seu registro junto ao CAR e aos devidos processos de licenciamento (Art. 4, parágrafo 6°).

No caso de áreas consolidadas em APP, são permitidas a continuidade das atividades agrossilvipastoris, de ecoturismo e de turismo rural, observando-se os critérios técnicos de conservação do solo e da água, não sendo permitidas novas conversões de área para uso alternativo nesses locais. Nessas situações, a adoção de boas práticas de conservação de solo deve ser observada, sob risco de ocorrência de processos erosivos e impactos sobre os recursos hídricos nas porções inferiores do terreno, como, por exemplo, de APP em áreas com declividade superior a 45°.

ÁREA DE RESERVA LEGAL (ARL)

De acordo com a LPVN, reserva legal é uma área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural [...], *com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa* (Brasil, 2012b). São áreas que ofertam não apenas SE de provisionamento, mas também de suporte e regulação, como os atribuídos às APP, e mesmo culturais (Figura 2.1).

A dimensão dessa área é definida em percentual da área da propriedade ou posse rural e dependente de sua localização geográfica. Em propriedades ou posses rurais localizadas na Amazônia Legal (Figura 2.4A), a ARL deverá ter as seguintes dimensões:

- 80% em áreas de florestas
- 35% em áreas de cerrado
- 20% em áreas de campos gerais

Na Amazônia Legal, em áreas de florestas, essas dimensões poderão ser reduzidas em até 50%, caso os estados tenham Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) aprovado ou a área seja ocupada por mais de 65% por unidades de conservação regulari-

zadas e terras indígenas homologadas. A Amazônia Legal ocupa cerca de 5 milhões quilômetros quadrados (km²), ou seja, cerca de 59% do território brasileiro. Nas demais regiões do Brasil, a ARL deverá ser de 20%.

Segundo a LPVN, a área de reserva legal de imóveis com até quatro módulos fiscais, independentemente de sua localização no Brasil, é aquela existente em 22 de julho de 2008.

As áreas de reserva legal são passíveis de exploração desde que de forma sustentável. De acordo com a LPVN, nas áreas de ARL, é permitida a livre coleta de produtos não madeireiros, como frutos, sementes, folhas, cascas, óleos, resinas, raízes – atendendo para os critérios estabelecidos quanto à frequência e volumes permitidos, e época de maturação de frutos e sementes, não colocando em risco a manutenção dos indivíduos e espécies exploradas (Art. 21).

O manejo florestal sustentável sem finalidade comercial, voltado para o consumo no próprio imóvel, não requer autorização do órgão ambiental competente. Nesse caso, há a necessidade de declaração, junto ao órgão ambiental, quanto ao motivo da exploração e do volume a ser explorado, não podendo exceder 20 metros cúbicos (m³) (Art. 23). No entanto, se a exploração florestal for voltada para fins comerciais, há a necessidade de elaboração e aprovação de um Plano de Manejo Florestal Sustentável (PMFS) pelo órgão ambiental. O referido PMFS deverá informar as técnicas de manejo a serem empregadas e as garantias de que serão asseguradas tanto a manutenção da diversidade das espécies e a reposição florestal, quanto a não descaracterização da cobertura vegetal (Art. 22 e 31).

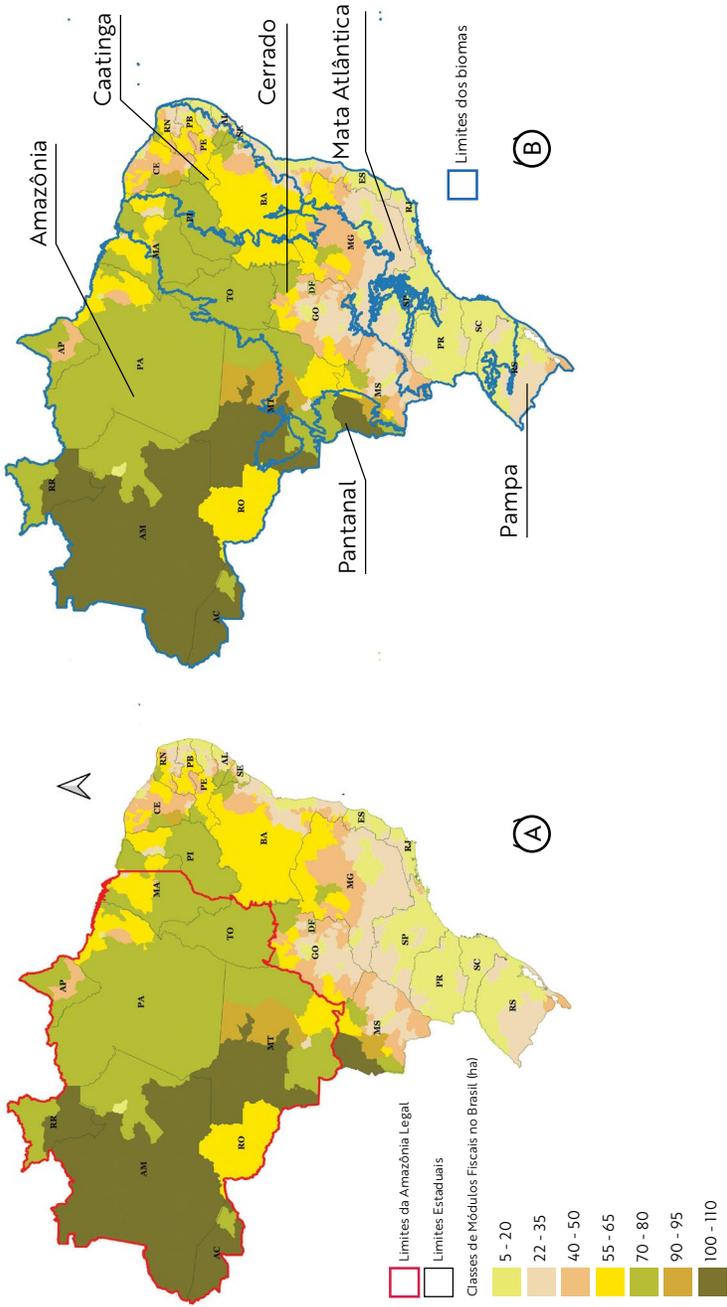


Figura 2.4. Distribuição de classes de módulos fiscais no Brasil e limites da Amazônia Legal (A) e dos biomas (B). Fontes: IBGE, 2017; INCRA, 2013.

ÁREA DE USO RESTRITO (AUR)

As áreas de uso restrito constituem nova categoria de áreas protegidas reconhecidas pela LPVN, contemplando as áreas dos pantanais e planícies pantaneiras (Figura 2.5A e 2.5B), e também as áreas com inclinação entre 25° e 45° (Figura 5C).



Fotos: Sandra Santos (A e B); Marcelo Muller (C)

Figura 2.5. Exemplos de Áreas de Uso Restrito: (A) e (B) pantanais e planícies pantaneiras; (C) áreas com inclinação entre 25° e 45°.

Nas áreas de inclinação de 25° a 45° são permitidas as atividades agrossilvipastoris e o manejo florestal sustentável, seguindo orientações de órgãos de pesquisa quanto à adoção de boas práticas agropecuárias. São áreas sensíveis, cuja exploração requer a adoção de práticas de conservação de solo buscando-se evitar a ocorrência de processos erosivos que, além da perda de solo, podem impactar os corpos hídricos nas porções inferiores do terreno. A conversão de novas áreas, contudo, é permitida apenas se configurada como de interesse social ou de utilidade pública. De forma similar, as áreas caracterizadas como pantanais e planícies pantaneiras terão sua exploração permitida, adotando-se as recomendações técnicas dos órgãos de pesquisa; novas supressões ficam condicionadas às recomendações técnicas e à autorização do órgão ambiental estadual competente.

USO ALTERNATIVO DO SOLO (UAS)

Conforme Art. 3, Inciso VI da LPVN, as áreas de uso alternativo do solo (UAS) são todas as áreas da propriedade cuja vegetação nativa e suas formas sucessoras foram substituídas por outras formas de cobertura do solo para dar lugar às atividades agropecuárias, industriais, transmissão de energia, acessos, construções, entre outras.

LICENCIAMENTO AMBIENTAL

A intervenção, supressão ou exploração em APP, ARL, AUR ou de UAS também estão sujeitas a outros instrumentos legais, além da Lei nº 12.651/2012. Esses instru-

mentos dizem respeito às atividades passíveis de licenciamento ambiental. As principais bases legais no âmbito federal que atualmente regem o licenciamento ambiental no Brasil estão apoiadas nos seguintes instrumentos: Resolução Conama n° 01 (Brasil, 1986^a); Resolução Conama n° 237 (Brasil, 1997) e Lei Complementar Federal n° 140 (Brasil, 2011). A Resolução Conama n° 1 é um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente (Brasil, 1981) em que traz “as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental”. Segundo essa resolução, “considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais”. Traz também uma lista das atividades modificadoras do meio ambiente e sujeitas à elaboração de Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e respectivos Relatórios de Impacto Ambiental (Rima). Entre essas atividades, figura em seu inciso XVII (incluído pela Resolução CONAMA n° 11, Brasil, 1986b) os “Projetos Agropecuários que contemplem áreas acima de 1.000 ha ou menores, neste caso, quando se tratar de áreas significativas em termos percentuais ou de importância do ponto de vista ambiental, inclusive nas áreas de proteção ambiental”.

A Resolução CONAMA n° 237, por sua vez, traz novas definições (licenciamento ambiental; licença ambiental, estudos ambientais; e impacto ambiental regional) e, também, procedimentos e critérios que devem ser seguidos pelos órgãos licenciadores no processo de licenciamento ambiental, incluindo as análises para cada tipo de licença previsto, quais sejam: Licença Prévia (LP); Licença de Instalação (LI), e Licença de Operação (LO).

Por fim, a Lei Complementar Federal n° 140 (Brasil, 2011) busca esclarecer e evitar conflitos quanto às competências do Governo Federal, dos estados, Distrito Federal e municípios nos processos de licenciamento ambiental, determinando as ações administrativas competentes a cada um. Estabelece que cabe aos municípios o licenciamento de empreendimentos e atividades de impacto local, ao passo que aos estados cabe o licenciamento daqueles empreendimentos que extrapolam os limites de municípios. As ações administrativas de competência do Governo Federal são previstas pelo Artigo 7° da referida Lei, cujas tipologias de empreendimentos e atividades de competência da União sujeitas ao licenciamento são regulamentadas pelo Decreto n° 8.437 (Brasil, 2015). Os esclarecimentos trazidos pela Lei Complementar visaram tornar os processos de licenciamento mais ágeis. Como decorrência, os estados têm pautado os procedimentos, os critérios e trâmites do licenciamento ambiental de acordo com suas diferentes realidades por meio de leis, decretos, portarias, resoluções, normas, entre outros, tendo como referências a legislação federal sobre

o assunto. O Portal Nacional de Licenciamento Ambiental – PNLA traz a legislação relativa aos processos de licenciamento ambiental aplicáveis em nível federal, estadual e distrital (Brasil, 2021c).

REGULARIZAÇÃO DE PASSIVOS AMBIENTAIS EM APP E ARL À LUZ DA LPVN

Segundo estimativas da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG, 2022), em balanço do Código Florestal, as estimativas de déficit de áreas com vegetação nativa em APP e ARL no Brasil seriam de 3 e 16 milhões de hectares, respectivamente.

A LPVN estabelece as condições gerais admitidas para sanar eventuais passivos ambientais em APP e ARL, incluindo em algumas situações o estabelecimento de dimensões mínimas a serem recompostas de áreas degradadas ou alteradas e, no caso da RL, a possibilidade da regularização se dar por meio de mecanismos de compensação.

No caso de áreas consolidadas em APP ao longo dos cursos d'água, nascentes e olhos d'água, veredas e lagos e lagoas naturais a continuidade das atividades está condicionada – além da observância de critérios técnicos de conservação do solo e da água – à sua recomposição parcial, cujas dimensões mínimas a serem recompostas são apresentadas nas Tabelas 2.2 e 2.3. Em pequenas propriedades ou posses rurais, a dimensão mínima a ser recomposta ao longo dos cursos d'água independe da largura do curso, importando apenas o número de módulos fiscais do imóvel.

Tabela 2.2. Dimensões mínimas a serem recompostas em Áreas de APP ao longo de cursos d'água, nascentes e olhos d'água, veredas e lagos e lagoas naturais.

Nº Módulos Fiscais	Ao longo de cursos d'água	Nascentes e olhos d'água	Veredas	Lagos e lagoas naturais
Até 1 módulo fiscal	5 m	15 m	30 m	5 m
De 1 a 2 módulos fiscais	8 m	15 m	30 m	8 m
De 2 a 4 módulos fiscais	15 m	15 m	30 m	15 m
Acima de 4 módulos fiscais	*	15 m	50 m	30 m

*Tabela 2.3

Tabela 2.3. Dimensões mínimas a serem recompostas em Áreas de APP ao longo de cursos d'água, nascentes e olhos d'água, veredas e lagos e lagoas naturais.

N° Módulos Fiscais	Largura dos corpos d'água			
	≤ 10 m	10,1 ≤ 60 m	60,1 ≤ 200 m	≥ 200 m
	Faixa marginal a ser recomposta			
4 a 10 MF	20 m	30 m	Largura dos corpos d'água/2	100 m
≥ 10 MF	30 m	30 m	Largura dos corpos d'água/2	100 m

Além das concessões acima quanto à continuidade de atividades agrossilvipastoris em áreas consolidadas em APP até 22 de julho de 2008, bem como com a definição dos valores mínimos de áreas a serem recompostas, o Artigo 61-B da LPVN estabelece para imóveis com até quatro módulos fiscais o percentual máximo a ser ocupado por todas as APP na propriedade, conforme a Tabela 2.4.

Tabela 2.4. Percentual máximo da área do imóvel a ser ocupada com APP de acordo com o número de módulos fiscais.

N° de Módulos Fiscais	% máxima da área do imóvel
Até 2	10
De 2 a 4	20

A recomposição de áreas de APP alteradas ou degradadas pode se dar das seguintes formas (Art. 61-A, parágrafo 13º): condução de regeneração natural de espécies nativas; plantio de espécies nativas; plantio de espécies nativas conjugado com a condução da regeneração natural de espécies nativas. Entretanto, em imóveis com até quatro módulos fiscais também é admitido o plantio intercalado de espécies lenhosas, perenes ou de ciclo longo, exóticas com nativas de ocorrência regional, em até 50% da área total a ser recomposta.

A adequação do imóvel quanto à sua ARL poderá ser feita por meio de ações de recomposição ou por meio de compensação (Art. 66, parágrafo 5º). A recomposição é abordada a partir de duas situações: (i) em imóveis com área menor que quatro módulos fiscais, e (ii) em imóveis com área superior a quatro módulos fiscais. No primeiro caso, não há exigência expressa para a sua recomposição da ARL às dimensões regionais inicialmente previstas, uma vez que o Art. 67 da referida lei afirma que, nesse caso, a área de reserva legal é aquela ocupada com vegetação nativa em 22 de julho de 2008, não importando a dimensão do remanescente existente na referida data. Ainda

poderão ser somadas a essas, as áreas ocupadas por plantios de árvores frutíferas, ornamentais ou industriais, incluindo espécies exóticas, cultivadas em sistema intercalar ou em consórcio com espécies nativas da região em sistemas agroflorestais.

A LPVN permite que no cálculo do percentual da área a ser ocupada por reserva legal sejam computadas as áreas ocupadas por APP (Art. 15). Para isso, contudo, alguns critérios devem ser observados, como (i) a não conversão de novas áreas para uso alternativo do solo, e (ii) que a área de APP a ser considerada para o cômputo esteja conservada ou em processo de recuperação. Na Amazônia Legal, em áreas de florestas, a conversão de novas áreas é admitida caso o somatório das áreas de APP e de outras formas de vegetação nativa excedam a 80% da área do imóvel. Em todos os casos, contudo, são mantidos os papéis e regime de proteção atribuídos às APP.

A compensação, por sua vez, pode se dar das seguintes formas: (i) aquisição de Cota de Reserva Ambiental (CRA) – título representativo de área com vegetação nativa, existente ou em processo de recuperação, cujo valor unitário é de um hectare; (ii) arrendamento de área sob regime de servidão ambiental ou Reserva Legal; (iii) doação de área localizada no interior de Unidade de Conservação de domínio público pendente de regularização fundiária; (iv) cadastramento de área equivalente e excedente à Reserva Legal, em imóvel de mesma titularidade ou adquirida em imóvel de terceiro, com vegetação nativa estabelecida, em regeneração ou recomposição, desde que localizada no mesmo bioma.

A recomposição de áreas de ARL alteradas ou degradadas pode se dar das seguintes formas (Art. 66, parágrafo 3º): condução de regeneração natural de espécies nativas; plantio de espécies nativas; plantio de espécies nativas conjugado com a condução da regeneração natural de espécies nativas; e o plantio intercalado de espécies nativas com exóticas, incluindo frutíferas, em sistema agroflorestal. No último caso, o plantio de espécies exóticas não poderá ser superior a 50% da área total em recomposição.

ESTRATÉGIAS DE RECOMPOSIÇÃO

Uma vez analisado e aprovado o CAR do imóvel, após identificação dos eventuais passivos ambientais, o passo seguinte é a adesão ao Programa de Regularização Ambiental (PRA) do estado. Nele, o proprietário ou posseiro poderá optar pela recomposição das áreas degradadas e/ou alteradas ou, no caso da ARL, por sua compensação. A adesão ao PRA é formalizada pela assinatura do Termo de Compromisso de Regularização Ambiental (TCRA). O TCRA juntamente com o Projeto de Recomposição de Áreas Degradadas ou Alteradas (Prada) são descritas pelo Decreto nº 8.235/2014 (Brasil, 2014) como instrumentos do PRA, de modo que deverão ser apontados os dados do imóvel, a localização das áreas de APP, ARL, AUR a serem recompostas ou compensadas no caso de ARL, com a proposta para a recomposição e os indicadores

de progresso que serão utilizados junto ao cronograma das ações a serem executadas, entre outras.

Especificamente com relação à opção pela recomposição, Skorupa et al. (2021) apresentam um roteiro visando orientar a elaboração do Prada. O roteiro, além de sugerir uma estrutura de projeto, oferece informações técnicas conforme seu preenchimento, auxiliando o técnico ou mesmo o produtor na tomada de decisão quanto às melhores estratégias a serem utilizadas na recomposição de áreas degradadas ou alteradas, como também das espécies mais adequadas à sua região e à condição avaliada por meio de sugestões oferecidas pelo sistema WebAmbiente (2022). De um modo geral, a definição das melhores estratégias leva em consideração os níveis de degradação observados nas áreas a serem recompostas, os quais são definidos durante a fase de diagnóstico. A Figura 2.6 apresenta uma síntese das diferentes condições locais utilizadas para considerar as possíveis estratégias de recomposição, tendo como referência as condições iniciais quanto ao potencial de regeneração natural da área, a existência de perturbação, alteração ou degradação, além de diferentes ações necessárias para conter eventuais vetores de degradação. O potencial de regeneração natural da área reflete a sua resiliência, ou seja, a capacidade da vegetação nativa se impor e se restabelecer naturalmente por meio do processo de recobrimento do solo e da presença da diversidade de espécies após o seu isolamento pela contenção de vetores de degradação e de atividades agropecuárias.

CONDIÇÃO DA ÁREA A SER RECOMPOSTA	Perturbada ou alterada		Degradada
POTENCIAL DE REGENERAÇÃO NATURAL	ALTO	MÉDIO	BAIXO
ALTERNATIVAS DE RECOMPOSIÇÃO CONFORME A LEI Nº 12.651/2012	Condução da regeneração natural	Plantio de espécies nativas, conjugado com a condução da regeneração de espécies nativas	Plantio de espécies nativas
	Uso intercalado de espécies lenhosas, perenes ou de ciclo longo, exóticas com nativas de ocorrência regional, em até 50% da área total a ser recomposta		
ESTRATÉGIAS PARA RECOMPOSIÇÃO	Recomposição Passiva: controle dos fatores de degradação	Manejo da regeneração e/ou realização de plantios parciais para: adensamento, enriquecimento, nucleação	Plantio em Área Total: semeadura direta e/ou plantio de mudas ou estacas
CONTROLE DOS FATORES DE DEGRADAÇÃO	Cercamento da área, controle de plantas competidoras, controle de formigas cortadeiras, contenção de fogo, eliminação de processos erosivos e recuperação da fertilidade do solo		

Figura 2.6. Síntese da abordagem para a escolha das melhores estratégias de recomposição, levando em conta as alternativas legais e as condições iniciais das áreas a serem recompostas.

Fonte: Adaptado de Skorupa et al. (2021)

CLASSES DE RESILIÊNCIA CONSIDERADAS PARA AS RECOMENDAÇÕES DE RECOMPOSIÇÃO:

ALTO POTENCIAL DE REGENERAÇÃO: áreas que apresentam elevado número de regenerantes e diversidade de espécies, bem como boas condições físicas e químicas do solo que possibilitem o pleno desenvolvimento da vegetação nativa. Geralmente, trata-se de áreas com proximidades a fragmentos de vegetação nativa, fonte de propágulos. A estratégia indicada para essa situação é a de recomposição passiva, em que a intervenção ocorre apenas na eliminação ou mitigação dos fatores de degradação.

MÉDIO POTENCIAL DE REGENERAÇÃO: áreas que apresentam regenerantes e alguma diversidade de espécies, muitas vezes concentradas em porções específicas da área, algumas vezes em número reduzido. Em geral, ainda apresentam boas con-

dições físicas e químicas do solo que permitem o bom desenvolvimento dos regenerantes presentes. Podem ou não estar próximas a fragmentos de vegetação nativa e as limitações podem estar sendo impostas por fatores de degradação, a processos de compactação do solo, entre outros. Nesse caso, a estratégia recomendada é a de manejo da regeneração natural que, além da condução dos regenerantes existentes, devem ser consideradas a adoção de outras abordagens, como o de plantios que visem o adensamento, enriquecimento e/ou de técnicas de nucleação (Reis et. al., 2003). No adensamento, busca-se o preenchimento dos espaços abertos, com espécies facilitadoras, visando maior cobertura do solo; no enriquecimento, busca-se incrementar a diversidade de espécies já identificadas, buscando garantir longevidade e manutenção da vegetação no longo prazo. Rodrigues et al. (2009) destacam essa situação, principalmente na restauração de florestas. Em todos os casos, a contenção dos fatores de degradação deve ser considerada.

BAIXO POTENCIAL DE REGENERAÇÃO: áreas que não apresentam regenerantes de espécies nativas ou, se presentes, ocorrem de forma muito reduzida são comumente áreas submetidas às prolongadas atividades agropecuárias, ou abandonadas com a ocorrência de solos notadamente compactados, ou que sofreram danos de grande intensidade, como os ocasionados por incêndios florestais ou grande revolvimento de solo, não permitindo o estabelecimento da vegetação nativa. São áreas que requerem maior intervenção na restauração, incluindo operações para restaurar as condições físico-químicas do solo, além daquelas destinadas a conter os fatores de degradação. A estratégia recomendada nesse caso é o de plantio em área total por meio do plantio de mudas, de semeadura direta ou pelo uso de estacas.

O planejamento da recomposição, incluindo a escolha da(s) estratégia(s), pode ser direcionado apenas para a recomposição de uma área alterada ou degradada com vistas a restabelecer ou incrementar a oferta de serviços ecossistêmicos; ou, adicionalmente, pode ser direcionado para a obtenção de sistemas agroflorestais (SAF) – associação de espécies lenhosas com culturas agrícolas, às vezes também com animais, de forma simultânea ou obedecendo uma sequência temporal de espécies (Figura 2.7), visando retornos econômicos oriundos da produção agrícola, florestal ou animal (Miccolis et al., 2016). O uso de SAF é previsto na recomposição de APP e ARL em imóveis rurais com até quatro módulos fiscais; na recomposição de ARL em imóveis maiores que quatro módulos fiscais sua configuração deve contemplar o plantio de espécies nativas intercalado com espécies exóticas, incluindo frutíferas, em sistema agroflorestal, não podendo o plantio de espécies exóticas ser superior a 50% da área total em recomposição (Art. 66, parágrafo 3º).

Fotos Mauricilia Silva (A); Ronaldo Rosa (B)



Figura 7. Exemplos de Sistemas Agroflorestais: (A) Sistema Agroflorestal com açai, banana, seringueira e castanheira, enriquecido com crotalária; (B) Sistema Agroflorestal com andiroba, limão e cacau.

FERRAMENTAS PARA APOIAR O PLANEJAMENTO E O MONITORAMENTO DA RECOMPOSIÇÃO

Em 2018, a Embrapa em parceria com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), Ministério do Meio Ambiente e com diversos outros parceiros externos desenvolveu e disponibilizou o sistema WebAmbiente para auxiliar o produtor rural na adequação ambiental de sua posse ou propriedade rural (WebAmbiente, 2022). O sistema conta com um simulador que, a partir da inserção de informações sobre a localização geográfica e das condições gerais da área a ser recomposta, oferece sugestões de estratégias de recomposição e de boas práticas a serem adotadas, além de uma relação de espécies nativas a serem consideradas no planejamento da recomposição da área em questão para os diferentes biomas nacionais. Ao final da simulação, o sistema produz um relatório no formato pdf, agregando todas as informações inseridas pelo usuário, bem como as sugestões oferecidas pelo sistema, sendo, portanto, importante subsídio para a elaboração de um projeto de recomposição de áreas degradadas ou alteradas (Prada). Além do simulador, o sistema disponibiliza um conjunto de publicações técnicas sobre experiências em recomposição de áreas degradadas, as quais podem ser selecionadas por bioma, categoria de área a ser recuperada, estratégias e técnicas utilizadas; manuais e guias sobre recomposição, além de outras publicações técnico-científicas que podem auxiliar as tomadas de decisão quanto a melhor estratégia ou técnica, escolha de espécies, dentre outras.

Atualmente, o simulador do sistema está associado ao Módulo de Regularização Ambiental (MRA) do Sistema de Cadastro Ambiental Rural (Sicar) (Serviço Florestal Brasileiro, 2022).

MONITORAMENTO DA RECOMPOSIÇÃO

Os indicadores, bem como os parâmetros aferidores do progresso da recomposição das áreas com passivos ambientais, devem ser aqueles previstos nos Programas de Regularização Ambiental (PRA) de cada estado, a exemplo do estado de São Paulo (Marçon, 2021; São Paulo, 2021), Distrito Federal (Sousa; Vieira, 2017) e do estado de Mato Grosso (Sousa; Vieira, 2018), e serem contemplados na elaboração do Prada de cada imóvel. Há diversos indicadores utilizados para avaliar a recomposição. Os dados requeridos para a sua obtenção envolvem desde levantamentos exaustivos de campo até levantamentos expeditos, os quais, no conjunto, devem refletir o progresso da recomposição. Entre os indicadores mais comumente utilizados estão (i) a cobertura do solo por vegetação nativa (%); (ii) cobertura do solo com vegetação exótica (%); (iii) solo exposto (%); (iv) clareiras (%); (v) número de regenerantes de espécies nativas por hectare; (vi) número de espécies nativas; (vii) área basal (m²/ha).

A obtenção sistemática de indicadores de recomposição (monitoramento) e sua avaliação vis a vis aos parâmetros de quitação estabelecidos previamente para cada um deles em cada estado deverá fornecer subsídios para a avaliação contínua do progresso da recomposição, incluindo a adequação das estratégias e espécies utilizadas, ou da necessidade de ajustes ao longo do tempo, ou manejos adaptativos (Durigan; Ramos, 2013; Ferreira Júnior et al., 2020). Os parâmetros de quitação estabelecidos para cada indicador são aqueles entendidos como os valores mínimos que devem ser atingidos ao longo do tempo do projeto visando assegurar a continuidade das trajetórias ecológicas da recomposição em longo prazo (Figura 2.8).

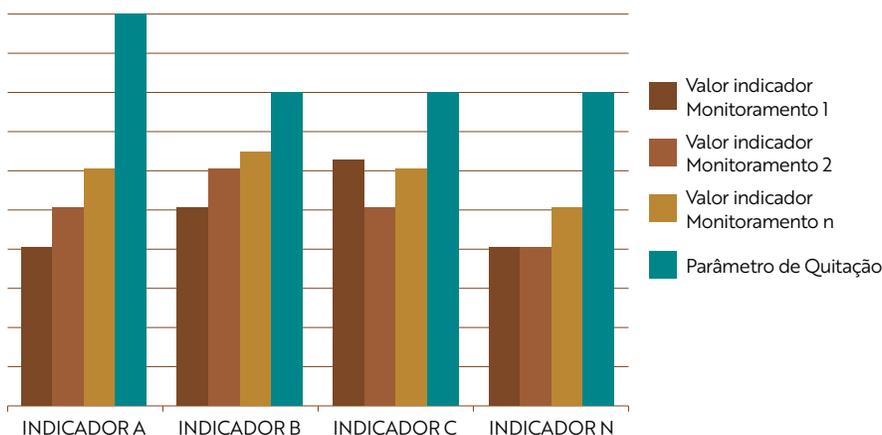


Figura 2.8. Exemplo de modelo para o acompanhamento do processo de recomposição por meio de indicadores ao longo do tempo, tendo como referência seus respectivos parâmetros de quitação.

Ao lado do sistema WebAmbiente, no apoio à implementação no novo Código Florestal, a Embrapa desenvolveu e tem aprimorado um sistema dedicado ao monitoramento de ações de recomposição em APP, ARL e AUR, denominado Agrotag VEG (Agrotag, 2022). Trata-se de um sistema composto por um aplicativo para uso em dispositivos móveis, associado a uma interface WebGis, de modo que as informações coletadas em campo são armazenadas em banco de dados geoespacial, podendo ser acessadas e gerenciadas. Entre as funcionalidades do sistema está a possibilidade de delimitação da área do imóvel e das glebas/polígonos em processos de recomposição; caracterização geral da área e dados sobre a implementação do projeto e das técnicas utilizadas (Figura 2.9).

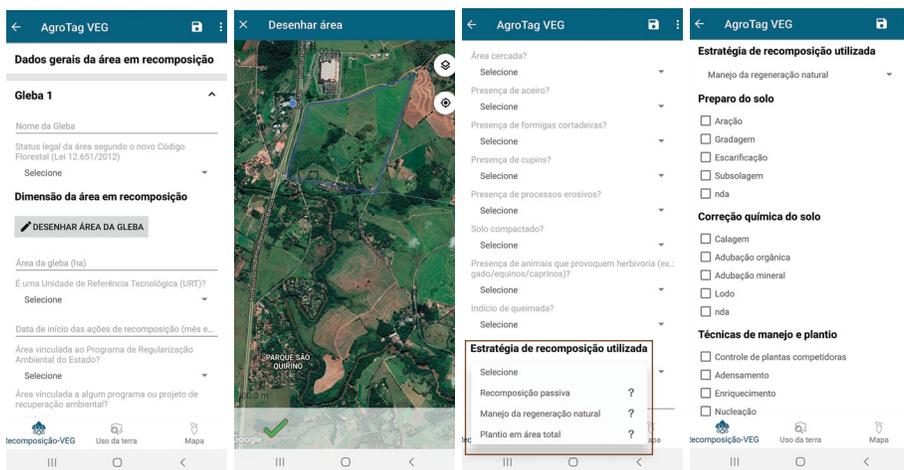


Figura 2.9. Telas do Sistema Agrotag VEG: delimitação das áreas de interesse, caracterização e informações sobre a implementação de um projeto.

Além disso, o sistema permite que sejam feitos registros fotográficos georreferenciados das áreas em recomposição, bem como o acompanhamento da recomposição por meio de indicadores (Figura 2.10). A possibilidade da atualização e acompanhamento dos valores dos indicadores ao longo do tempo torna o sistema relevante para uso nas etapas de monitoramento do progresso da recomposição nos diversos biomas. Esse sistema apresenta excelentes características para auxiliar os órgãos estaduais no monitoramento do sucesso da recomposição prevista no PRA.

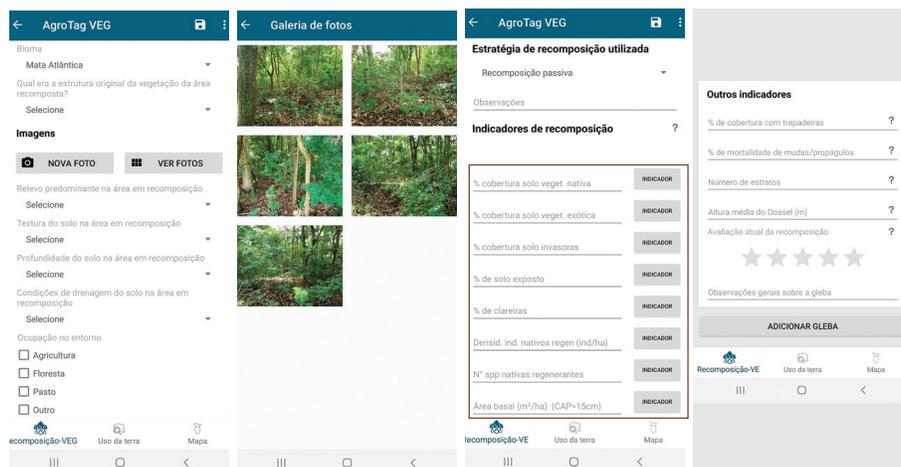


Figura 2.10. Telas do Sistema Agrotag VEG: registro fotográfico georreferenciado e indicadores contemplados.

SISTEMAS, PROCESSOS E PRÁTICAS AGROPECUÁRIAS SUSTENTÁVEIS

Os benefícios da presença e distribuição adequada da vegetação nativa nas propriedades e posses rurais se relacionam estreitamente aos benefícios gerados pelas atividades agropecuárias sustentáveis, no que diz respeito à oferta de serviços ecossistêmicos de provisionamento, suporte e regulação. A percepção de que as atividades agropecuárias também desempenham outros papéis, além do da produção de alimentos, fibras e energia tem se consolidado, refletindo-se em políticas públicas, a exemplo da Política Nacional da Mudança do Clima (Brasil, 2009) e dos Planos ABC e ABC+ (Brasil, 2012b; Brasil, 2021b). Ou seja, essas políticas reconhecem a importância das inter-relações entre a conservação ambiental, a multifuncionalidade da produção agropecuária e as externalidades daí advindas como de interesse público.

Assim, a importância da ocupação ordenada do espaço rural se soma ao da atenção que deve ser reservada à adoção de boas práticas agropecuárias (BPA), evitando, eliminando ou mitigando riscos ambientais e, ao mesmo tempo, potencializando a produção agropecuária, a conservação dos recursos naturais e a oferta de serviços ecossistêmicos associados.

Diversos sistemas de produção e boas práticas agropecuárias têm sido desenvolvidas e aprimoradas ao longo das últimas décadas, conforme as listadas na Tabela 2.5. Um dos mais abrangentes, no que diz respeito à incorporação de boas práticas agropecuárias, é o Sistema Plantio Direto (SPD), o qual incorpora um conjunto de boas

práticas agrícolas que visam à proteção, conservação e a capacidade produtiva do solo (Salton et al., 1998). O SPD preconiza o plantio ou sementeira direta sobre palhada ou restos de material orgânico visando a proteção permanente do solo, associado a adoção de outras práticas como a sucessão e rotação de culturas; plantio em curvas de nível e construção de terraços; além de outras visando o aumento e manutenção da biota do solo, fertilidade, uso e aplicação de defensivos para o controle de pragas e doenças; gestão de resíduos, entre outros. Sua adoção tem repercussões diretas sobre outros compartimentos da propriedade e da bacia hidrográfica, como, por exemplo, sobre os recursos hídricos.

Tabela 2.5. Sistemas, processos e boas práticas agropecuárias aplicáveis à adequação agroambiental de uma propriedade rural.

Sistemas e Boas Práticas Agropecuárias	Referências
Sistema Plantio Direto (SPD)	Salton et al. (1998)
Recuperação de pastagens degradadas (RPD)	Borghi et al. (2018)
Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF)	Balbino et al. (2011); Cordeiro et al. (2015)
Gestão de Resíduos na Agricultura	Spadotto; Ribeiro (2006)
Tecnologia de aplicação de defensivos	Azevedo; Freire (2006)
Construção e manutenção de estradas rurais	Demarchi et al. (2003)
Controle de processos erosivos	Resck (2002); Wadt (2004); Araújo et al. (2005); Filizola et al. (2011); Bertoni; Lombardi (2008)
Captação de águas superficiais de chuvas - Barraginhas	Barros (2000)

SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA (ILPF)

Entre os sistemas que tem merecido destaque é o sistema de integração lavoura (L), pecuária (P) e floresta (F), ou sistema ILPF. Trata-se de uma estratégia de produção que integrar as atividades agrícolas, pecuárias e florestais em uma mesma área por meio de consórcios, rotação e sucessão, buscando-se efeitos benéficos da interação dos componentes, preconizando o SPD e conciliando a adequação ambiental, a valorização do homem e a viabilidade econômica (Balbino et al., 2011). Por ser uma estratégia de produção e não de um modelo específico, ele permite uma grande variedade de arranjos de seus componentes no tempo e no espaço do ambiente de produção, bem como a possibilidade de incorporar tecnologias e boas práticas agropecuárias, a exemplo do Sistema de Plantio Direto (SPD) (Salton et al., 1998). Por sistemas ILPF são consideradas as seguintes modalidades:

- Integração Lavoura-Pecuária (ILP ou Agropastoril): sistema que integra os componentes lavoura e pecuária em rotação, consórcio ou sucessão, na mesma área, em um mesmo ano agrícola ou em múltiplos anos;
- Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF ou Agrossilvipastoril): sistema que integra os sistemas lavoura, pecuária e silvicultura em rotação, consórcio ou sucessão, na mesma área. Nessa modalidade, o componente lavoura restringe-se (ou não) à fase inicial de implantação do componente florestal;
- Integração Pecuária-Floresta (IPF ou Silvipastoril): sistema que integra os componentes pecuária e floresta em consórcio;
- Integração Lavoura-Floresta (ILF ou Silviagrícola): sistema que integra os sistemas lavoura e floresta pela consorciação de espécies arbóreas com cultivos agrícolas (anuais ou perenes).

Trata-se de uma estratégia de produção que pode se adaptar a qualquer tamanho de propriedade, nível socioeconômico e condições edafoclimáticas, e que propicia a obtenção de benefícios agronômicos, socioeconômicos e ambientais (Vilela et al. 2019). A exemplo disso, do ponto de vista agronômico, propicia a redução da incidência de pragas e doenças, a melhoria e manutenção das condições físico-químicas e biológicas do solo, com aumento do teor de matéria orgânica, aumento da eficiência no uso de insumos e conforto térmico animal pelo sombreamento proporcionado pelo componente arbóreo em sistemas silvipastoris (IPF) e agrossilvipastoris (ILPF), redução dos efeitos de déficits hídricos e inversões térmicas bruscas; do ponto de vista socioeconômico, possibilita a intensificação do uso do solo durante todo ano com a diversificação dos sistemas de produção, reduzindo riscos; aumento e retenção de mão de obra na propriedade; do ponto de vista ambiental, destaca-se pelo potencial de reduzir as pressões para a abertura de novas áreas, uma vez que possibilita a di-

versificação e intensificação da produção em uma mesma área, além de possibilitar a recuperação e incorporação de pastagens degradadas ao processo produtivo. Permeando estes aspectos, contribui para a mitigação de carbono pelo seu sequestro, seja na matéria orgânica do solo ou na biomassa do componente arbóreo, bem como de gases de efeito estufa emitidos no processo produtivo, como o dióxido de carbono, o metano e o óxido nitroso.

A recuperação de pastagens degradadas pela adoção da estratégia de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) tem sido promovida por diversas políticas públicas. Segundo dados do estado das pastagens brasileiras do Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (Lapig, 2023), o Brasil possuía em 2021 cerca de 160 milhões de hectares cobertos por pastagens. Desse total, cerca de 66 milhões de hectares apresentavam níveis intermediários de degradação, e 35 milhões em estágios avançados (22% da área com pastagem no País). Segundo pesquisa recente sobre a adoção de sistemas ILPF no Brasil (ILPF em números, 2016; Skorupa; Manzatto, 2019b), a recuperação de pastagens pelo emprego de sistemas ILPF é um dos principais motivadores para sua adoção entre os pecuaristas típicos, uma vez que a combinação dos componentes lavoura e pecuária (pastagem) em rotação, consórcio ou sucessão numa mesma área, possibilita que os níveis adequados de produtividade das pastagens possam ser alcançados e mantidos ao longo do tempo. A prática de recuperação de pastagens utilizando culturas agrícolas é utilizada frequentemente com o propósito de amortizar os custos da recuperação pela renda obtida com a safra de grãos, cobrindo despesas com a correção do solo e o plantio da forrageira (Vilela et al, 2019). Nesse processo, no ciclo de pecuária, a pastagem se beneficia da adubação residual deixada pela produção de grãos. As Figuras 2.11 e 2.12 apresentam exemplos de estratégia ILPF na configuração ILP. O número de áreas da propriedade envolvidas no sistema de integração, bem como a dinâmica da ocupação dessas áreas com os componentes lavoura e pecuária no tempo e espaço são definidas a priori e fazem parte do planejamento, a fim de garantir os benefícios da estratégia.

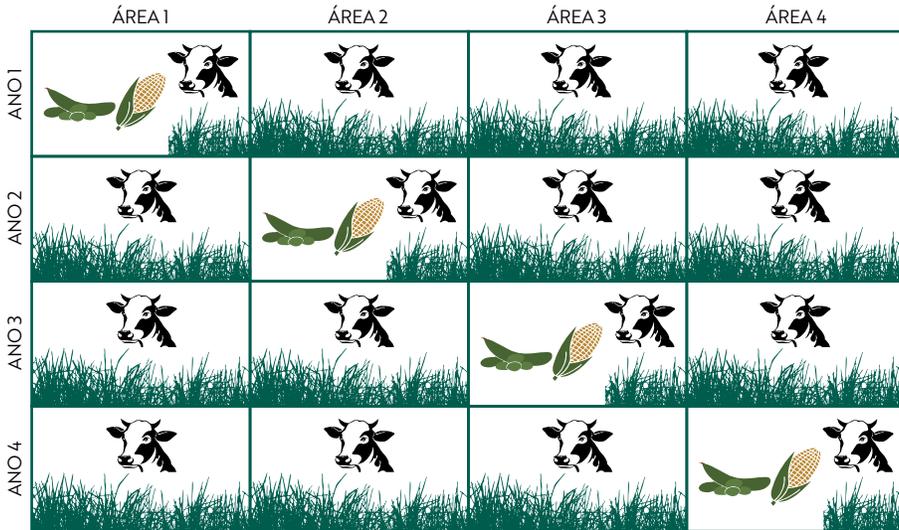


Figura 2.11. Exemplo de planejamento para implantação de um sistema ILP com soja, milho segunda safra e pastagem (de outono/inverno e permanente).



Figura 2.12. Exemplos de fases de sistema Integração lavoura-pecuária (ILP): (A) cultivo de soja em plantio direto; (B) cultivo de milho, segunda safra, em sucessão, com sobressemeadura de capim (consórcio); (C) pastagem resultante.

A Figura 2.13 apresenta um exemplo da estratégia ILPF com a inclusão do componente arbóreo, o qual pode ser incorporado em uma ou mais áreas da propriedade contempladas com a estratégia de integração.

Fotos: Gabriel Resende Faria



Figura 2.13. Exemplos de fases do sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF): (A) cultivo de soja em área com eucalipto (ILF, fase silviagrícola); (B) cultivo de milho, segunda safra, em sucessão (ILF, fase silviagrícola); (C) pastagem estabelecida após sobressemeadura de capim no cultivo de milho (IPF, fase silvipastoril).

A adoção de sistemas ILPF no Brasil foi estimada na safra 2015/2016 em 11,5 milhões de hectares (ILPF em números, 2016). Atualmente, estima-se que os sistemas ILPF, em suas diversas modalidades, ocupem no Brasil uma área de cerca de 17 milhões de hectares (Polidoro et al., 2020). Além dos serviços ecossistêmicos de provisionamento, os sistemas ILPF também ofertam serviços de suporte e regulação, sendo contemplado no desenvolvimento de marcas conceito, como o de Carne-Carbono-Neutro (Alves et al., 2015). O reconhecimento de seus benefícios foi refletido na sua inclusão no Plano de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono – Plano ABC 2010–2020 e, atualmente, no Plano Setorial para Adaptação à Mudança do Clima e Baixa Emissão de Carbono na Agropecuária – Plano ABC+ 2020–2030, que prevê sua expansão em 10 milhões de hectares (Brasil, 2021b). Uma visão ampla da adoção de sistemas ILPF nos estados brasileiros, suas diversas configurações, culturas contempladas, incluindo avaliações de impactos socioambientais são apresentados em Skorupa e Manzatto (2019a).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diversos são os desafios atuais para a agropecuária brasileira decorrentes da combinação dos efeitos da globalização das questões ambientais, da diversidade de biomas, das condições socioeconômicas dos agricultores, da necessidade de ganhos de produtividade como estratégia para o aumento da produção e redução dos custos, e das exigências dos mercados quanto a sustentabilidade ambiental dos sistemas de produção. Nesse contexto, a multifuncionalidade das áreas destinadas à produção agropecuária e das demais coberturas vegetais na propriedade ganham importância. Mais do que isso, as áreas de produção agropecuária não podem ser tratadas de forma isolada das demais áreas da propriedade ou posse rural, a exemplo das áreas de reserva legal, de preservação permanente e de uso restrito, tendo em vista os diversos serviços ecossistêmicos por elas ofertados. Contrariando a ideia de que a conservação de tais áreas implica em ônus e perdas para a produção, elas podem adicionar diver-

sof benefícios, essenciais para conservação do capital natural, para a sustentabilidade da produção e o aumento da produtividade. Por outro lado, tão importante quanto atender à legislação ambiental tem sido a busca por sistemas, processos e práticas agropecuárias (SPPA) mais eficientes na conservação do solo e água, uso de insumos, bem como na mitigação de emissões de GEE nos processos produtivos.

A interdependência das questões ambientais e produtivas tem sido reconhecida em diversas políticas públicas nacionais, como, por exemplo, no Plano ABC+, no Plano Safra (2023–2024) e seu programa Renovagro, e o Pronaf ABC+ Floresta que, além da promoção de SPPA, também têm apoiado a adequação ambiental das propriedades e posses rurais. Tal integração de políticas aponta para a importância do que pode ser denominado de Gestão Ambiental Produtiva (GAP). Embora não seja uma abordagem nova, esta precisa ser intensificada e integrada nas agendas governamentais e de PD&I das instituições acadêmicas e agropecuárias, criando condições para que produtores rurais de diferentes perfis socioeconômicos possam ter, além de ganhos na produção, ganhos econômicos adicionais por meio da melhoria da imagem de sua produção e tendo acesso a mercados diferenciados. Tais ganhos, ainda, podem ser oriundos do recebimento de pagamento por prestação de serviços ambientais, da venda de cotas de reserva ambiental (CRA), por meio de processos de certificação da produção e de produtos, entre outros. Certamente, esta é uma agenda que deve prosperar nos próximos anos.

REFERÊNCIAS

AGROTAG. Disponível em: <https://www.agrotag.cnptia.embrapa.br/#1>. Acesso em: 10 mar. 2021.

ALVES, F. V.; ALMEIDA, R. G.; LAURA, V.A.; PORFÍRIO-DA-SILAVA, V.; MACEDO, M. C. M.; MEDEIROS, S. R.; FERREIRA, A. D.; GOMES, R. C.; ARAÚJO, A. R.; MONTAGNER, D. B.; BUNGENSTAB, D. J.; FEIJÓ, G. D. **Carne carbono neutro: um novo conceito para carne sustentável produzida nos trópicos**. Brasília, DF: Embrapa Gado de Corte, 2015. 32 p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 210).

ARAUJO, G. H. S.; ALMEIDA, J. R. de; GUERRA, A. J. T. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 320 p.

ASSAD, E. D.; ESTEVAM, C. G.; DE LIMA, C. Z.; PAVÃO, E. M.; PINTO, T. P. **Potencial de mitigação de gases de efeito estufa das ações de descarbonização da pecuária até 2030: observatório de conhecimento e inovação em bioeconomia**. São Paulo: Fundação Getúlio Vargas - FGV-EESP, 2021. Disponível em: https://eesp.fgv.br/sites/eesp.fgv.br/files/ocbio_potencial_de_mitigacao_de_gee_pecuaria_2112.pdf. Acesso em: 04 set. 2022.

AZEVEDO, F. R.; FREIRE, F. C. O. **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2006. 47 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 102).

BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. de O.; STONE, L. F. **Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta**. Brasília: Embrapa, 2011. 130 p. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/923530/1/balbino01.pdf>. Acesso em: 02 set. 2022.

BARROS, L. C. de. **Captação de águas superficiais de chuvas em Barraginhas**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 16 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 2). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/96925/1/circ-2.pdf>. Acesso em: 02 set. 2020.

BERTONI, J.; LOMBARDI, F. L. **Conservação do solo**. 6. ed. São Paulo: Ícone, 2008. 355 p.

BORGHI, E.; GONTIJO NETO, M. M.; RESENDE, R. M. S.; ZIMMER, A. H.; ALMEIDA, R. G. de; MACEDO, M. C. M. **Recuperação de pastagens degradadas**. In: NOBRE, M. M.; OLIVEIRA, I. R. de (ed.). **Agricultura de baixo carbono: tecnologias e estratégias de implantação**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. cap. 4, p. 105-138.

BRASIL. Decreto nº 6.514 de 22 de julho de 2008. Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 23 jul. 2008. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/d6514.htm. Acesso em: 10 mar. 2022.

BRASIL. Decreto nº 7.830, de 17 de outubro de 2012. Dispõe sobre o sistema de cadastro ambiental rural, o cadastro ambiental rural, estabelece normas de caráter geral aos programas de regularização ambiental, de que trata a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 18 out. 2012a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Decreto/D7830.htm. Acesso em: 31 mar. 2021.

BRASIL. Decreto nº 8.235, de 05 de maio de 2014. Estabelece normas gerais complementares aos programas de regularização ambiental dos estados e do distrito federal, de que trata o decreto nº 7.830, de 17 de outubro de 2012, institui o programa mais ambiente brasil, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 05 maio 2014, ed. Extra e retificado 05 maio 2014. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2014/Decreto/D8235.htm. Acesso em: 31 mar. 2021c.

BRASIL. Decreto 8.437, de 22 de abril de 2015. Regulamenta o disposto no art. 7º, caput, inciso XIV, alínea “h”, e parágrafo único, da Lei Complementar nº 140, de 8 de dezembro de 2011, para estabelecer as tipologias de empreendimentos e atividades cujo licenciamento ambiental será de competência da União. **Diário Oficial da União**, 23 abr. 2015, p. 4, col. 3. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/decreto/d8437.htm. Acesso em: 13 abr. 2023.

BRASIL. Lei complementar nº 140, de 8 de dezembro de 2011. Fixa normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do caput e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal, para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora; e altera a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Diário Oficial da União**, 09 dez. 2011. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp140.htm. Acesso em: 19 ago. 2021.

BRASIL. Lei nº 6.746 de 10 de dezembro de 1979. Altera o disposto nos arts. 49 e 50 da Lei nº 4.504, de 30 de novembro de 1964 (Estatuto da Terra), e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 11 dez 1979. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1970-1979/l6746.htm. Acesso em: 10 mar. 2022.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 02 set. 1981. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938compilada.htm. Acesso em: 20 ago. 2021.

BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 13 fev. 1998, retificada 17 fev. 1998. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19605.htm. Acesso em: 20 ago. 2021.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 10, 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/19985.htm. Acesso em: 10 mar. 2022.

BRASIL. Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006. Estabelece as diretrizes para a formulação da política nacional da agricultura familiar e empreendimentos familiares rurais. 2006. **Diário Oficial da União**, 25 jul. 2006b. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento?dm=4080268&disposition=inline>. Acesso em: 10 mar. 2022.

BRASIL. Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 26 dez. 2006a, p. 1. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/11428.htm. Acesso em: 10 mar. 2022.

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**, 29 dez. 2009. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm. Acesso em: 20 ago. 2021.

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**, 28 maio 2012b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 11 abr. 2023.

BRASIL. Lei nº 12.727, de 17 de outubro de 2012. Altera a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que 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; e revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, o item 22 do inciso II do art. 167 da Lei nº 6.015, de 31 de dezembro de 1973, e o § 2º do art. 4º da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Diário Oficial da União**, 18 out. 2012c. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12727.htm. Acesso em: 19 ago. 2021.

BRASIL. Lei nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021. Institui a política nacional de pagamento por serviços ambientais; e altera as Leis nºs 8.212, de 24 de julho de 1991, 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973, para adequá-las à nova política. **Diário Oficial da União**, p. 7, col. 2, 14 jan. 2021a. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.119-de-13-de-janeiro-de-2021-298899394>. Acesso em: 02 abr. 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono)**. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2012d. 173 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial para adaptação à mudança do clima e baixa emissão de carbono na agropecuária com vistas ao desenvolvimento sustentável (2020-2030): plano operacional**. Brasília, DF: MAPA, 2021b. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/arquivo-publicacoes-plano-abc/final-isbn-plano-setorial-para-adaptacao-a-mudanca-do-clima-e-baixa-emissao-de-carbono-na-agropecuaria-compactado.pdf>. Acesso em: 08 set. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Portal nacional de licenciamento ambiental. **Legislação**. Brasília, DF: MMA/PNLA, [s.d.]. Disponível em: <http://pnla.mma.gov.br/legislacao>. Acesso em: 18 ago. 2021c.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 01, de 23 de janeiro de 1986. Estabelece as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da avaliação de impacto ambiental como um dos instrumentos da política nacional do meio ambiente. **Diário Oficial da União**, 17 fev. 1986a. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0001-230186.PDF>. Acesso em: 19 ago. 2021.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 11, de 18 de março de 1986. **Diário Oficial da União**, 02 maio 1986b. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0011-180386.PDF>. Acesso em: 18 ago. 2021.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997. **Diário Oficial da União**, 22 dez. 1997. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cecav/images/download/CONAMA%20237_191297.pdf. Acesso em: 19 ago. 2021.

CHIODI, R. E.; MARQUES, P. E. M. Multifuncionalidade da Agricultura e Serviços ambientais: aproximações e distanciamentos como referenciais de políticas públicas. **Desenvolvimento em questão**, v. 16, n. 45, p. 214-232, 2018. Disponível em: <https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/desenvolvimentoemquestao/article/view/6893>. Acesso em: 13 abr. 2023.

CONAB. **Estimativa indica aumento na produção de grãos na safra 2021/22, com previsão em 288,61 milhões de toneladas**. 07 out. 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4316-estimativa-indica-aumento-na-producao-de-graos-na-safra-2021-22-com-previsao-em-288-61-milhoes-de-toneladas>. Acesso em: 10 nov. 2021.

CORDEIRO, L. A.; VILELA, L.; KLUTHCOUSKI, J.; MARCHÃO, R. L. (ed). **Integração lavoura-pecuária-floresta: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 393 p. (Coleção 500 Perguntas, 500 Respostas).

COSTANZA, R., D'ARGE, R., DE GROOT, R. S., FARBER, S., GRASSO, M., HANNON, B., LIMBURG, K., NAEEM, S., O'NEILL, R. V., PARUELO, J., RASKIN, R. G., SUTTON, P.; VAN DEN BELT, M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, p. 253-260, 1997.

DE CARLI, B. P.; SOUZA, J. C.; SOUSA, J. A. P.; SHOEGIMA, T. F.; ROMERO BARREIRO, M. P.; DUTRA, A. C.; MEDEIROS, G. A.; RIBEIRO, A. I.; BRESSANE, A. Relationship between land use and water quality in a subtropical river basin. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 7, n. 3, p. 245-261, 2018.

DEMARCHI, L. C.; RABELLO, L. R.; SANTOS, N. B. dos; FRANCO, O.; CORREA, R. O. **Adequação de estradas rurais: Programa estadual de microbacias hidrográficas**. Campinas: CATI, 2003. 64 p. (Manual CATI, 77). Disponível em: http://www.cati.sp.gov.br/Cati/_tecnologias/manejo_conservacao_solo/AdequacaodeEstradasRurais.pdf. Acesso em: 10 nov. 2021.

DURIGAN, G.; RAMOS, V. S. **Manejo adaptativo: primeiras experiências na restauração de ecossistemas**. São Paulo: Páginas & Letras, 2013. 65 p. Disponível em: https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutoflorestal/wp-content/uploads/sites/234/2014/01/Manejo_Adaptativo_Primeiras_Experiencias_na_Restauracao_de_Ecossistemas.pdf. Acesso em: 04 maio 2022.

FERRAZ, R. P. D.; PRADO, R. B.; PARRON, L. M.; CAMPANHA, M. M. (ed.). **Marco referencial em serviços ecossistêmicos**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. 20 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1110948/marco-referencial-em-servicos-ecossistemicos>. Acesso em: 04 set. 2022.

FERREIRA, M.; VIEIRA, D.; MALTA FILHO, E.; ROCHA, G.; MIRANDA, E.; ANTONIAZZI, L.; BASO, I. **Protocolo padrão de avaliação e manejo adaptativo para novos plantios com semeadura direta: iniciativa caminhos da semente**. São Paulo: Iniciativa Caminhos da Semente, 2020. 13 p. Disponível em: <https://www.caminhosdasemente.org.br/biblioteca?tag=Guia>. Acesso em: 06 jun. 2021.

FERREIRA JÚNIOR, L. G. (coord.). **Dinâmica das pastagens brasileiras: ocupação de áreas e indícios de degradação 2010-2018**. Chácaras Califórnia: LAPIG, 2020. 19 p. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/243/o/Relatorio_Mapai.pdf. Acesso em: 13 ago. 2022.

FILIZOLA, H. F.; ALMEIDA FILHO, G. S.; CANIL, K.; SOUZA, M. D. de; GOMES, M. A. F. **Controle dos processos erosivos lineares (ravinas e voçorocas) em áreas de solos arenosos**. Jaguariúna, SP: Circular Técnica 22. 2011. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/53751/1/Circular22.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2022.

HERNANI, L. C.; FREITAS, P. L.; PRUSKI, F. F.; MARIA, I. C. de; CASTRO FILHO, C.; LANDERS, J. C. A erosão e seu impacto. In: MANZATTO, C. V.; FREITAS, E. J.; PERES, J. R. R. (org.). **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. p. 47-60.

IBGE. **Divisão regional do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/redes-geograficas/15778-divisoes-regionais-do-brasil.html?=&t=downloads>. Acesso em: 25 abr. 2023.

ILPF em números. Sinop, MT: Embrapa, 2016. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/158636/1/2016-cpamt-ilpf-em-numeros.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2021.

INCRA. **Índices básicos por município**. Brasília, DF: Sistema Nacional de Cadastro Rural, 2013. Disponível em: https://www.gov.br/incra/pt-br/acesso-a-informacao/indices_basicos_2013_por_municipio.pdf. Acesso em: 25 abr. 2023.

LAPIG. Disponível em: <https://lapig.iesa.ufg.br/p/38972-atlas-das-pastagens>. Acesso em: 25 abr. 2023.

MARÇON, S.; FERREIRA, L. G. S. de (coord). **Agro legal: manual técnico operacional: orientações, diretrizes e critérios aplicáveis à recomposição da vegetação nativa**. São Paulo: Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente; Secretaria de Agricultura e Abastecimento. 2021. 157 p. Disponível em: https://www.cati.sp.gov.br/portal/themes/unify/arquivos/produtos-e-servicos/MT%20Programa%20Agro%20legal%20web_compressed.pdf. Acesso em: 24 abr. 2023.

MICCOLIS, A.; PENEIREIRO, F. M.; MARQUES, H. R.; VIEIRA, D. L. M.; ARCO-VERDE, M. F.; HOFFMANN, M. R.; REHDER, T.; PEREIRA, A. V. B. **Restauração ecológica com sistemas agroflorestais: como conciliar conservação com produção: opções para Cerrado e Caatinga**. Brasília, DF: Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestal, 2016. 266 p. Guia técnico.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being: synthesis**. Washington, DC: Island Press, 2005. Disponível em: <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>. Acesso em: 08 fev. 2022.

MURADIAN, R.; CORBERA, E.; PASCUAL, U.; KOSSOY, N.; MAY, P. H. Reconciling theory and practice: an alternative conceptual framework for understanding payments for environmental services. **Ecological Economics**, v. 69, n. 6, p. 1202–1208, 2010.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Multi-functionality towards an analytical framework**. Paris: OECD, 2001. 160 p. Disponível em: https://read.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/multifunctionality_9789264192171-en#page100. Acesso em: 28 mar. 2022.

PEREIRA, L. C.; TOSTO, S. G.; CARVALHO, J. P. de. Erosão do solo e valoração de serviços ambientais. 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. 317-324. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/140992/1/2015CL15.pdf>. Acesso em: 06 set. 2022.

POLIDORO, J. C.; FREITAS, P. L. de; HERNANI, L. C.; ANJOS, L. H. C. dos; RODRIGUES, R. A. R.; CESÁRIO, F. V.; ANDRADE, A. G. de; RIBEIRO, J. L. The impact of plans, policies, practices and technologies based on the principles of conservation agriculture in the control of soil erosion in Brazil. **Authorea**, Apr. 21, 2020. Disponível em: <https://www.authorea.com/users/313628/articles/444131-the-impact-of-plans-policies-practices-and-technologies-based-on-the-principles-of-conservation-agriculture-in-the-control-of-soil-erosion-in-brazil>. Acesso em: 06 abr. 2023.

REIS, A.; BECHARA, F. C.; ESPÍNDOLA, M. B.; VIEIRA, N. K.; SOUZA, L. L. Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar processos sucessionais. **Natureza & Conservação**, v. 1, n. 1, p. 28-36, 2003.

RESCK, D. V. S. **A conservação da água via terraceamento em sistemas de plantio direto e convencional no cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 8p (Embrapa Cerrados. Circular técnica, 22). Disponível em: http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2009/24563/1/cirtec_22.pdf. Acesso em: 27 abr. 2022.

RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I. (org). **Pacto pela restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. São Paulo: LERF/ESALQ; Instituto BioAtlântica, 2009. 256 p. Disponível em: <http://www.lerf.esalq.usp.br/divulgacao/produtos/livros/pacto2009.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2023.

RODRIGUES, R. R.; FARAH, F. T.; LAMONATO, F. H. F.; NAVE, A. G.; GANDOLFI, S.; BARRETO, T. E. **Adequação ambiental e agrícola: cumprimento da lei de proteção da vegetação nativa dentro do conceito de paisagens multifuncionais**. In: *Mudanças no código florestal brasileiro: desafios para a implantação da nova lei*. Rio de Janeiro: IPEA, 2016. v. 1, p. 159-184.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente. **Resolução conjunta nº 4 de 01 de outubro de 2021**. Aprova o manual técnico operacional: volume I com as orientações, as diretrizes e os critérios aplicáveis à recomposição da vegetação nativa, para regularização ambiental dos imóveis rurais, os procedimentos para sua aplicação. Disponível em: https://www.portaldocodigo.org/prs/sao_paulo/615c5138ed89f-615c5138ed8a0resolucao-saa-sima-no-4-de-10-de-outubro-de-2021.pdf. Acesso em: 27 abr.2022.

SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; FONTES, C. Z. (org.). **Sistema plantio direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 1998. 248 p. (Coleção 500 perguntas 500 respostas).

SEEG. **O que é o SEEG**. Disponível em: <https://seeg.obass.info/#que>. Acesso em: 04 set. 2022.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Regularização ambiental: boletim informativo: dados declarados até 01 de agosto de 2022**. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/servico-florestal-brasileiro/boletim-informativo-car/BoletimCARAGorevisadoatualizados.pdf>. Acesso em: 05 set. 2022.

SILVA, J. A. A. da; MANZATTO, C. V.; FRANCA, J. G. E.; CASTRO, M. R. C.; PEREIRA, S. E. M.; RODRIGUES, R. R. **Agronegócio: avanço social, econômico e ambiental para um Brasil mais sustentável**. In: *ANDREOLI, C. V.; PHILIPPI JR., A. Variações*. (org.). *Sustentabilidade no agronegócio*. São Paulo: Manole, 2021. v. 1, p. 52-97.

SILVA, J. A. A da; NOBRE, A. D.; MANZATTO, C. V.; JOLY, C. A.; RODRIGUES, R. R.; SKORUPA, L. A.; NOBRE, C. A.; AHRENS, S.; MAY, P. H.; SÁ, T. D. A.; CUNHA, M. C.; RECH FILHO, E. L. **O código florestal e a ciência: contribuições para o diálogo.** São Paulo. SBPC; ABC. 2011. 124 p. Disponível em: <http://www.abc.org.br/IMG/pdf/doc-547.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2021.

SKORUPA, L. A.; MANZATTO, C. V. **Avaliação da adoção de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) no Brasil.** In: SKORUPA, L. A.; MANZATTO, C. V. (ed.). **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. Estratégias regionais de transferência de tecnologia, avaliação da adoção e de impactos.** Brasília: DF, Embrapa, 2019b. Disponível em: <https://seeg.obass.info/#que>. Acesso em: 20 out. 2021.

SKORUPA, L. A.; MANZATTO, C. V. (ed.). **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil: estratégias regionais de transferência de tecnologia, avaliação da adoção e de impactos.** Brasília: DF, Embrapa, 2019a. Disponível em: <https://seeg.obass.info/#que>. Acesso em: 20 out. 2021.

SKORUPA, L. A.; VIEIRA, D. L. M.; KUHLMANN, M.; SAMPAIO, A. B.; MORAES, L. F. D. de; ISERNHAGEN, I.; RIBEIRO, J. F. **Roteiro para elaboração de um projeto de recomposição de áreas degradadas ou alteradas.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2021. 58 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 373).

SOUSA, A. P.; VIEIRA, D. L. M. **Protocolo de monitoramento da recomposição da vegetação nativa no Distrito Federal.** Brasília, DF: WWF, 2017. 19 p. Disponível em: <https://www.sema.df.gov.br/wp-content/uploads/2017/09/Cartilha-Protocolo-de-Monitoramento-Vegeta%C3%A7%C3%A3o-Nativa.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2023.

SOUSA, A. P.; VIEIRA, D. L. M. **Protocolo de monitoramento da recomposição da vegetação nativa em Mato Grosso.** São Paulo: The Nature Conservancy, 2018. 21 p. Disponível em: https://www.webambiente.cnptia.embrapa.br/webambiente/wiki/lib/exe/fetch.php?media=webambiente:sousa_protocolo_mt_rev.pdf. Acesso em: 10 abr. 2023.

SOUSA, F. R. C.; PAULA, D. P. Análise de Perda do solo por erosão na bacia hidrográfica do rio Coreau (Ceará-Brasil). **Revista Brasileira Geomorfologia**, v. 20, n. 3, p. 491-507, 2019.

SPADOTTO, C. A.; RIBEIRO, W. C. (ed.). **Gestão de resíduos na agricultura e agroindústria.** Botucatu: FEPAF, 2006. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/129661/1/2006OL-003.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2022.

TONIOLO, B. P.; PAIXÃO, B. M.; CUNHA E SILVA, D. C.; MEDEIROS, G. A.; PECHE FILHO, A.; RIBEIRO, A. I. Análise espacial de perda de solo por erosão na bacia hidrográfica do rio Jundiá-Mirim – SP. **Revista Brasileira de Desenvolvimento Territorial Sustentável GUAJU**, v. 7, n. 2, p. 209-236, jul./dez. 2021.

UFMG. **Boletim informativo.** Balanço do código florestal, vol. 1. Disponível em: https://csr.ufmg.br/csr/wp-content/uploads/2022/08/boletim_cf_vol.1.pdf. Acesso em: 25 abr. 2023.

VILELA, L.; MARCHÃO, R. L.; PULROLNIK, K.; GUIMARÃES JÚNIOR, R. **Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária: histórico e evolução no Cerrado.** In: SKORUPA, L.A.; MANZATTO, C.V. (ed.). **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. Estratégias regionais de transferência de tecnologia, avaliação da adoção e de impactos.** Brasília: DF, Embrapa, 2019. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/208899/1/Skorupa-Sistemas-Integracao-LV-2020-paginas-341-380.pdf>. Acesso em: 20 out. 2021.

WADT, P. G. S. **Construção de terraços para controle da erosão pluvial no estado do Acre. Rio Branco: Embrapa Acre, 2004. 44 p.** (Embrapa Acre. Documentos, 85). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAF-AC/10514/1/doc85.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2022.

WEBAMBIENTE. **Adequação ambiental nas mãos do produtor.** Disponível em: <https://www.webambiente.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 10 mar. 2022.

THE WORLD BANK. **Who cares wins: connecting financial markets to a changing world** (English). Washington, D.C.: World Bank Group, 2004. Disponível em: <http://documents.worldbank.org/curated/en/280911488968799581/Who-cares-wins-connecting-financial-markets-to-a-changing-world>. Acesso em: 05 abr. 2022.