



NOTA TÉCNICA EMBRAPA

- El Niño 2026/27 -

163 Medidas para a Gestão de Riscos Climáticos na Agropecuária Brasileira

[Versão 31.08.2026.1](#)

Material de apoio ao Grupo de Trabalho GT
El Niño (Portaria MAPA nº 928, de 30 de
junho de 2026)

Agosto de 2026

Sumário

Apresentação	11
Equipe técnica.....	12
RESUMO EXECUTIVO	14
1. Introdução.....	16
1.1 Clima e Agropecuária.....	16
1.2 El Niño - Oscilação Sul (ENOS) e projeções para 2026/2027	17
1.2.1 Anomalias de precipitação em El Niño de forte intensidade (referência geral): ..	18
1.2.2. Anomalias de precipitação ocorridas no último evento de El Niño (referência geral):	19
1.2.3. Projeções para o evento <i>El Niño</i> de 2026/27	20
1.2.4. Outros moduladores climáticos relevantes.....	23
1.3 Avaliação dos impactos no Brasil em El Niños anteriores (Sistema Integrado de Informações Climáticas e Agrícolas)	24
1.4 Conceitos fundamentais para a comunicação: risco climático, ameaça, exposição, vulnerabilidade, mitigação, adaptação e gestão de riscos	31
1.5. Gestão de Riscos aplicada ao contexto climático na agropecuária.....	32
1.5.1 Identificação de Riscos.....	33
1.5.2. Avaliação de Riscos (quantificação).....	33
1.5.3. Tratamento de Riscos	34
1.5.4. Monitoramento dos resultados e retroalimentação.....	35
1.6. Temporalidade das ações de tratamento de riscos	35
1.7. Da resposta a eventos extremos à gestão permanente dos riscos agroclimáticos ...	38
2. Eventos meteorológicos adversos (EMAs) mais prováveis em anos de El Niño	39
2.1 Atraso do início da estação chuvosa e irregularidade de chuvas.....	39
2.2 Chuvas abaixo da média e déficit hídrico prolongado no decorrer da estação chuvosa	39
2.3 Temperaturas acima da média e ondas de calor	40
2.4 Chuvas acima da média	40
2.5 Tempestades convectivas severas (granizo, chuvas torrenciais, tornados).....	41
3. Impactos na agropecuária	42
3.1 Grãos e Algodão (Culturas Anuais)	43
3.1.1. Atraso do início da estação chuvosa e irregularidade nas chuvas	43

3.1.2. Chuvas abaixo da média e déficit hídrico prolongado no decorrer da estação chuvosa	43
3.1.3. Temperaturas acima da média e ondas de calor	44
3.1.4. Chuvas acima da média	45
3.1.5. Tempestades convectivas severas.....	46
3.2. Fruticultura	47
3.2.1. Atraso do início da estação chuvosa e irregularidade nas chuvas	47
3.2.2. Chuvas abaixo da média e déficit hídrico prolongado no decorrer da estação chuvosa	48
3.2.3. Temperaturas acima da média e ondas de calor	48
3.2.4. Chuvas acima da média	49
3.2.5. Tempestades convectivas severas.....	51
3.3. Silvicultura.....	52
3.3.1. Atraso do início da estação chuvosa e irregularidade nas chuvas	52
3.3.2. Chuvas abaixo da média e déficit hídrico prolongado no decorrer da estação chuvosa	52
3.3.3. Temperaturas acima da média e ondas de calor	53
3.3.4. Chuvas acima da média	53
3.3.5. Tempestades convectivas severas.....	54
3.4. Olericultura (folhosas, frutos e tubérculos)	55
3.4.1. Atraso do início da estação chuvosa e irregularidade nas chuvas	55
3.4.2. Chuvas abaixo da média e déficit hídrico prolongado no decorrer da estação chuvosa	56
3.4.3. Temperaturas acima da média e ondas de calor	56
3.4.4. Chuvas acima da média	57
3.4.5. Tempestades convectivas severas.....	57
3.5. Pastagens e pecuária	58
3.5.1. Atraso do início da estação chuvosa e irregularidade nas chuvas	58
3.5.2. Chuvas abaixo da média e déficit hídrico prolongado no decorrer da estação chuvosa	59
3.5.3. Temperaturas acima da média e ondas de calor	59
3.5.4. Chuvas acima da média	60
3.5.5. Tempestades convectivas severas.....	60

3.6. Culturas industriais (café, mandioca, cana-de-açúcar e citros).....	61
3.6.1. Atraso do início da estação chuvosa e irregularidade nas chuvas	61
3.6.2. Chuvas abaixo da média e déficit hídrico prolongado no decorrer da estação chuvosa	63
3.6.3. Temperaturas acima da média e ondas de calor	64
3.6.4. Chuvas acima da média	65
3.6.5. Tempestades convectivas severas.....	67
3.7. Aquicultura (continental e marinha)	69
3.7.1. Aquicultura Continental – piscicultura e carcinicultura	69
3.7.2. Aquicultura marinha — bivalves e algas marinhas.....	72
4. Medidas para o tratamento dos riscos climáticos na agropecuária.....	76
4.1. Princípios para seleção e implementação das medidas de tratamento de risco	76
4.2. Horizonte para implementação das medidas.....	77
4.3. Estrutura padronizada das medidas	77
4.4. Medidas transversais aplicáveis aos diferentes sistemas agropecuários	78
1. Monitorar previsões meteorológicas e climáticas e acompanhar o ENOS	78
2. Utilizar dados meteorológicos locais e monitorar as condições	78
3. Utilizar o Zarc e outros instrumentos oficiais de avaliação de risco	79
4. Diversificar temporal, espacial e economicamente a produção	79
5. Adotar sistemas integrados de produção.....	79
6. Reavaliar dinamicamente os riscos e ajustar o plano de manejo	80
7. Elaborar e manter plano de contingência para eventos climáticos adversos.....	80
8. Manter infraestrutura, acessos e serviços essenciais resilientes.....	81
9. Manter capacidade operacional compatível com janelas meteorológicas restritas.....	81
10. Registrar eventos, impactos e perdas e avaliar a eficácia das medidas adotadas..	81
11. Avaliar economicamente o nível de proteção para cada risco	82
12. Criar reservas financeiras e planejar liquidez para absorção do risco residual	82
13. Utilizar seguro, Proagro e outros mecanismos de transferência de risco.....	83
14. Capacitar equipes, definir responsabilidades e proteger trabalhadores diante de extremos climáticos	83
4.5. Grãos de verão e algodão	83
1. Selecionar cultivares adaptadas e sistemas com maior estabilidade produtiva.....	84

2. Adotar o Sistema Plantio Direto e manter cobertura do solo	84
3. Adotar o plantio em contorno ou em nível	84
4. Utilizar culturas de cobertura e, quando apropriado, Integração Lavoura-Pecuária	85
5. Realizar rotação e diversificação agrônômica de culturas	85
6. Adequar o manejo e o condicionamento do perfil do solo	86
7. Evitar operações mecanizadas em condições inadequadas de umidade do solo	86
8. Utilizar irrigação para reduzir o risco de deficiência hídrica	86
9. Adotar sistemas de drenagem em áreas sujeitas a excesso hídrico	87
10. Adotar estruturas e práticas de proteção contra eventos climáticos extremos	87
11. Ajustar adubação e investimentos ao potencial produtivo esperado	87
12. Parcelar a adubação nitrogenada quando tecnicamente recomendado	88
13. Adotar manejo integrado e planejar aplicações com base no monitoramento e na previsão	88
14. Monitorar e manejar o risco de ondas de calor e temperaturas extremas	89
15. Monitorar a qualidade dos produtos após a colheita	89
4.6. Grãos de inverno	89
1. Escalonar a semeadura e diversificar ciclos de cultivares	89
2. Selecionar cultivares adaptadas e estáveis	90
3. Planejar a semeadura para reduzir o risco de geadas	90
4. Ajustar a adubação nitrogenada ao potencial produtivo	91
5. Parcelar a adubação nitrogenada conforme o risco climático	91
6. Ajustar a adubação com base na análise de solo	91
7. Adotar rotação de culturas para reduzir doenças	92
8. Utilizar culturas de cobertura e intercalares	92
9. Manter cobertura do solo e adotar o Sistema Plantio Direto	92
10. Adotar plantio em contorno ou em nível	93
11. Evitar operações e semeadura em solo excessivamente úmido	93
12. Manejar o excesso hídrico e melhorar a drenagem	93
13. Monitorar a umidade do solo durante o ciclo	94
14. Utilizar irrigação suplementar quando viável	94
15. Monitorar a ocorrência e a previsão de geadas	94
16. Evitar áreas sujeitas ao acúmulo de ar frio	95

17. Utilizar cultivares resistentes às principais doenças	95
18. Adotar manejo integrado da giberela	95
19. Orientar o manejo fitossanitário pelo risco e pela previsão meteorológica	96
20. Monitorar a lavoura e diagnosticar precocemente danos e estresses	96
21. Monitorar a qualidade dos grãos e o risco de micotoxinas	96
4.7. Fruticultura	97
4.7.1. Fruticultura de clima temperado	97
1. Manejar o solo e manter cobertura vegetal em pomares e vinhedos	97
2. Utilizar coberturas plásticas e telas antigranizo	97
3. Realizar poda verde para reduzir molhamento e favorecer aeração do dossel	98
4. Utilizar irrigação suplementar para enfrentar períodos secos	98
5. Selecionar porta-enxertos, cultivares e mudas adaptados	98
6. Evitar novos plantios em áreas marginais quanto à disponibilidade de frio	99
7. Planejar novos pomares respeitando relevo e convergência hídrica	99
8. Utilizar irrigação por aspersão para proteção contra geadas quando apropriado ...	99
9. Recuperar a copa após danos de tempestades severas	100
4.7.2. Fruticultura de clima tropical	100
1. Utilizar irrigação complementar e ajustar o manejo hídrico	100
2. Proteger frutos e folhas contra excesso de radiação e calor	100
3. Selecionar cultivares e porta-enxertos adaptados na implantação	101
4. Utilizar estruturas de proteção em fases sensíveis	101
4.7.3. Fruticultura de clima subtropical	101
1. Orientar o manejo fitossanitário pelo monitoramento climático	101
2. Manter cobertura do solo e controlar compactação	102
3. Implantar irrigação suplementar onde houver deficiência hídrica recorrente	102
4. Manter drenagem eficiente em áreas sujeitas a excesso hídrico	102
5. Ajustar densidade e manejo cultural de bananeiras	103
4.8. Silvicultura	103
1. Planejar e manter sistema de prevenção e combate a incêndios	103
2. Planejar estradas, drenagem e desenho dos talhões para reduzir enxurradas	103
3. Programar operações silviculturais para escapar de períodos de maior risco	104
4. Orientar talhões e utilizar barreiras para reduzir exposição ao vento	104

5. Utilizar mudas vigorosas e materiais genéticos adaptados	104
6. Corrigir limitações físicas do solo antes do plantio quando diagnosticadas	105
7. Manter resíduos de colheita e práticas conservacionistas no solo	105
8. Restaurar e manejar vegetação protetora em áreas sensíveis da paisagem	105
9. Manter diversidade estrutural e microclimática em sistemas agroflorestais e agroextrativistas amazônicos	106
10. Planejar a renovação e a regeneração de sistemas perenes vulneráveis	106
4.9. Olericultura	107
1. Ajustar calendário, diversificar plantios e utilizar materiais adaptados	107
2. Integrar manejo da água, do solo e da drenagem	107
3. Manejar o microclima e reduzir exposição aos extremos	107
4. Intensificar o manejo fitossanitário orientado pelo risco	108
5. Validar tecnologias complementares antes da adoção ampla	108
4.10. Pastagens e pecuária	108
1. Elaborar planejamento alimentar e orçamento forrageiro	109
2. Ajustar a lotação à capacidade de suporte	109
3. Selecionar forrageiras adaptadas ao ambiente	109
4. Diversificar a base forrageira	110
5. Manejar o pastejo para preservar a resiliência	110
6. Manejar a Caatinga para uso pastoril sustentável	110
7. Manter fertilidade e condição física do solo	111
8. Produzir e manter reservas de forragem conservada	111
9. Implantar bancos de forragem e áreas de reserva	112
10. Adotar suplementação alimentar estratégica	112
11. Utilizar alimentos alternativos e subprodutos com segurança	112
12. Garantir segurança no abastecimento de água	113
13. Adequar bebedouros, cochos, currais e instalações	113
14. Ampliar sombra e conforto térmico	113
15. Adotar sistemas silvipastoris quando apropriado	114
16. Selecionar genética animal adaptada	114
17. Manejar animais para reduzir estresse térmico	114
18. Planejar manejo para frio intenso e geadas	115

19. Utilizar confinamento ou semi-confinamento de forma estratégica.....	115
20. Utilizar serviço terceirizado de engorda quando viável	115
21. Reduzir lotação por venda ou transferência antecipada	116
22. Manejar excesso hídrico, lama e drenagem.....	116
23. Prevenir incêndios em pastagens	116
24. Monitorar saúde e condição corporal do rebanho	117
4.11. Culturas industriais (café, mandioca, cana e citros).....	117
4.11.1. Medidas agronômicas aplicáveis de forma geral	117
1. Selecionar materiais genéticos adaptados e estáveis	117
2. Diversificar materiais, áreas e épocas de implantação	118
3. Conservar o solo e manter cobertura adequada.....	118
4. Adotar plantio em contorno e controle de erosão.....	118
5. Evitar tráfego e operações em solo excessivamente úmido	119
6. Manejar excesso hídrico e melhorar a drenagem	119
7. Monitorar a umidade do solo e a demanda atmosférica	119
8. Utilizar irrigação quando técnica e economicamente viável.....	120
9. Construir e manejar o perfil de fertilidade conforme potencial e risco climático ..	120
10. Orientar o manejo fitossanitário pelo risco climático	120
11. Planejar aplicações conforme a previsão meteorológica.....	121
4.11.2. Café	121
1. Planejar a implantação e renovação do cafezal em áreas de menor risco	121
2. Manejar o sombreamento e microclima do cafezal.....	121
3. Otimizar o manejo da irrigação do cafeeiro	122
4. Monitorar e manejar o risco de geadas no café.....	122
5. Planejar a colheita do café conforme maturação e risco de chuva	122
6. Assegurar capacidade de secagem e pós-colheita do café	123
7. Monitorar qualidade e separar lotes de café	123
4.11.3. Mandioca	123
1. Planejar época e área de plantio da mandioca	123
2. Utilizar manivas-semente de alta qualidade e materiais adaptados	124
3. Manejar plantas daninhas para reduzir competição por água.....	124
4. Planejar a colheita da mandioca e reduzir permanência excessiva no solo	124

4.11.4. Cana-de-açúcar	125
1. Planejar plantio e renovação dos canaviais conforme o risco climático	125
2. Diversificar variedades e ambientes de produção da cana	125
3. Manejar palhada e conservação de água no canavial	125
4. Planejar e priorizar a colheita da cana conforme clima, solo e vulnerabilidade.....	126
5. Reduzir riscos de incêndio em canaviais	126
6. Monitorar efeitos de geadas e frio intenso na cana	127
7. Recuperar canaviais e soqueiras após eventos climáticos severos.....	127
8. Dimensionar capacidade de colheita, transporte, recepção e processamento	128
4.11.5. Citros	128
1. Manejar a irrigação de acordo com a fenologia e o risco de déficit hídrico	128
2. Orientar o manejo da podridão floral dos citros pelo risco meteorológico durante a florada	128
3. Selecionar combinações copa/porta-enxerto adaptadas ao risco hídrico na implantação e renovação de pomares	129
4. Proteger a capacidade produtiva do pomar diante de calor extremo e elevada radiação.....	129
5. Avaliar e recuperar rapidamente pomares atingidos por granizo e ventos severos	130
4.12. Aquicultura	131
4.12.1. Aquicultura continental	131
1. Ajustar calendário de povoamento e despesca às condições hidrológicas e térmicas	131
2. Garantir reservação, proteção e uso eficiente da água	131
3. Monitorar temperatura e qualidade da água e ajustar biomassa e alimentação...132	
4. Adequar viveiros, diques, vertedouros e barreiras contra fuga	132
5. Reforçar ancoragem e selecionar locais adequados para tanques-rede	132
6. Selecionar espécies adaptadas e ajustar densidade de estocagem.....	133
4.12.2. Aquicultura marinha - bivalves e algas	133
1. Selecionar sítios com condições oceanográficas mais estáveis	133
2. Diversificar áreas, espécies, classes de tamanho e calendário de produção	133
3. Ajustar profundidade, densidade e calendário em períodos de calor	134

4. Suspender preventivamente a colheita quando chuvas intensas elevarem o risco sanitário	134
5. Dimensionar e reforçar estruturas para ventos, ondas e ressacas	134
5. Medidas viabilizadoras e instrumentos de política pública	135
1. Fortalecer e aperfeiçoar os instrumentos de avaliação de risco, incluindo o Zarc.	135
2. Ampliar mecanismos de financiamento para investimentos em adaptação	136
3. Fortalecer assistência técnica, capacitação e comunicação de riscos	136
4. Fortalecer pesquisa e validação de tecnologias e materiais adaptados	137
5. Aperfeiçoar os sistemas de monitoramento agrometeorológico, alerta e quantificação de perdas climáticas.....	137
6. Fortalecer a gestão integrada dos recursos hídricos para a adaptação agropecuária	138
7. Ampliar e aperfeiçoar os instrumentos de transferência de riscos climáticos, com ênfase no seguro rural	138
8. Monitorar e avaliar a efetividade das políticas e medidas de adaptação.....	139
9. Ampliar a capacidade nacional de prevenção, detecção e combate a incêndios florestais e rurais	139
10. Ampliar programas de recuperação e recomposição da cobertura vegetal em áreas vulneráveis e estratégicas para a segurança hídrica	140
6. Literatura de referência e apoio adicional.....	141

Apresentação

Diante das projeções dos modelos oceânico-atmosféricos no primeiro semestre de 2026, que indicaram a formação de um evento El Niño de forte intensidade, o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) instituiu, por meio da Portaria MAPA nº 928, de 30 de junho de 2026, o Grupo de Trabalho GT El Niño.

Integrado por representantes de Secretarias do MAPA, do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), o GT tem entre suas atribuições identificar vulnerabilidades regionais e setoriais, avaliar os potenciais impactos do fenômeno sobre a agropecuária e subsidiar a formulação de estratégias de prevenção, redução de impactos e proteção econômica do setor.

Nesse contexto, esta Nota Técnica sistematiza as contribuições da Rede Zarc Embrapa ao GT El Niño 2026/27, reunindo informações sobre o contexto climático e os principais riscos associados ao evento, seus potenciais impactos sobre diferentes sistemas produtivos, medidas para tratamento dos riscos na propriedade rural e ações viabilizadoras e instrumentos de política pública destinados a ampliar a capacidade de adaptação e resiliência da agropecuária brasileira.

Embora motivado pelo El Niño 2026/27, o documento adota uma perspectiva mais ampla de gestão de riscos agroclimáticos, reconhecendo que grande parte das ameaças, vulnerabilidades e medidas analisadas é aplicável também a outros eventos e condições climáticas recorrentes.

Com foco nas especificidades locais, a Embrapa manterá o monitoramento do evento climático e a condução de análises regionais dedicadas. Esta Nota Técnica atua como instrumento central para subsidiar a atuação institucional e padronizar o diálogo com a sociedade e as redes de ATER. Para tanto, consolida o mapeamento dos principais riscos, orienta práticas de redução de riscos na propriedade rural e propõe mecanismos de políticas públicas voltados ao fortalecimento do setor agropecuário.

Silvia Maria Fonseca Silveira Massruhá
Presidente
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Equipe técnica

Coordenação

José Eduardo Boffino de Almeida Monteiro – Embrapa Agricultura Digital

Elaboração técnica

Jose Eduardo Boffino de Almeida Monteiro – Embrapa Agricultura Digital

Santiago Vianna Cuadra – Embrapa Agricultura Digital

Gilberto Rocca da Cunha – Embrapa Trigo

Marcia Toffani Simão Soares – Embrapa Florestas

Fernanda Garcia Sampaio – Embrapa Meio Ambiente

Patricia Menezes Santos – Embrapa Pecuária Sudeste

Sergio Raposo de Medeiros – Embrapa Pecuária Sudeste

Mauricio Antônio Coelho Filho – Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical

Andrea de Rossi – Embrapa Uva e Vinho

Luis Eduardo Correa Antunes – Embrapa Clima Temperado

Jose Reinaldo da Silva Cabral de Moraes – Embrapa Clima Temperado

Balbino Antônio Evangelista – Embrapa Cerrados

Josileia Acordi Zanatta – Embrapa Florestas

Marcos Silveira Wrege – Embrapa Florestas

Guilherme de Castro Andrade – Embrapa Florestas

Frank Freire Capuchinho – Embrapa Agrossilvipastoril

Marcos Brandao Braga – Embrapa Hortaliças

Carlos Eduardo Pacheco Lima – Embrapa Hortaliças

Samuel Cordeiro Vitor Martins – Embrapa Hortaliças

Ana Paula Carrara Vinha – Embrapa Amapá

Adriana Bariani – Embrapa Amapá

Guilherme Rosa da Silva – Embrapa Amapá

Luciano Serejo dos Anjos – Embrapa Amapá

Marcelino Carneiro Guedes – Embrapa Amapá

Nagib Jorge Melém Júnior – Embrapa Amapá

Aryeverton Fortes de Oliveira – Embrapa Agricultura Digital

Cesar José da Silva – Embrapa Agropecuária Oeste

Fernando Mendes Lamas – Embrapa Agropecuária Oeste

Aderson Soares de Andrade Junior – Embrapa Meio Norte

Edson Alves Bastos – Embrapa Meio Norte
Tarcila Souza de Castro Silva – Embrapa Agropecuária Oeste
Jéfferson de Oliveira Costa – Embrapa Amazônia Ocidental
Leonardo Amaral Monteiro – Embrapa Milho e Sorgo
Carlos Ricardo Fietz – Embrapa Agropecuária Oeste
Marco Antônio Fonseca Conceição – Embrapa Uva e Vinho
Marco Antônio Sedrez Rangel – Embrapa Mandioca e Fruticultura
Gustavo Costa Rodrigues – Embrapa Agricultura Digital
Fernando Antônio Macena da Silva – Embrapa Cerrados
Marlon Jocimar Rodrigues da Silva – Embrapa Mandioca e Fruticultura
Maurilio Fernandes de Oliveira – Embrapa Milho e Sorgo
Jose Ricardo Macedo Pezzopane – Embrapa Pecuária Sudeste
Magna Soelma Beserra de Moura – Embrapa Agroindústria Tropical
Ricardo Guimaraes Andrade – Embrapa gado de Leite
Gabriel Rezende Faria – Embrapa Agricultura Digital
Rodrigo Cezar Franzon – Embrapa Clima Temperado
Jones Simon – Embrapa Pesca, Aquicultura e Sistemas Agrícolas

Colaboradores

Arthur Welle – Bolsista de Inovação
Enzo Pinheiro – Bolsista de Inovação
Erika Caitano da Silva – Bolsista de Inovação
Vania Rosa Pereira – Bolsista de Inovação

Revisão técnica

Gilberto Rocca da Cunha – Embrapa Trigo

RESUMO EXECUTIVO

A presente Nota Técnica reúne contribuições da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) ao Grupo de Trabalho GT El Niño, instituído pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) – Portaria MAPA nº 928, de 30 de junho de 2026. O documento busca apoiar a identificação dos principais riscos climáticos associados ao El Niño 2026/27, seus potenciais impactos sobre a agropecuária brasileira e as medidas de gestão de riscos na propriedade rural e de política pública capazes de reduzir perdas e ampliar a resiliência dos sistemas produtivos.

As informações disponíveis em agosto de 2026 indicam a ocorrência de um El Niño com possibilidade de forte intensidade e permanência até o início de 2027. As projeções apontam maior probabilidade de precipitação abaixo da média em extensas áreas do Centro-Norte do país e acima da média na Região Sul. Essas projeções indicam aumento do risco, mas não determinam antecipadamente os impactos sobre cada região, cultura ou sistema produtivo.

A experiência histórica mostra que os efeitos do ENOS apresentam elevada variabilidade espacial e temporal. Um mesmo sinal climático pode gerar respostas distintas entre regiões e atividades, dependendo da distribuição e intensidade dos eventos meteorológicos, da exposição e da vulnerabilidade dos sistemas produtivos. Assim, a fase do ENOS deve ser entendida como condicionante do contexto de risco, e não como previsão direta de perdas ou ganhos de produtividade.

Principais **riscos climáticos** considerados:

1. Atraso ou irregularidade do início da estação chuvosa;
2. Chuvas abaixo da média e déficit hídrico prolongado;
3. Temperaturas elevadas e ondas de calor;
4. Chuvas acima da média;
5. Tempestades convectivas severas.

Os impactos são analisados em diferentes **segmentos produtivos** da agropecuária brasileira e atividades associadas:

1. Grãos e algodão;
2. Fruticultura;
3. Silvicultura;
4. Olericultura;
5. Pastagens e pecuária;
6. Culturas industriais;
7. Aquicultura continental e marinha.

O **tratamento de riscos** – como a etapa do processo de gestão de riscos que converte os diagnósticos em planos práticos de adaptação – está organizado em quatro estratégias complementares: (1) Prevenção ou evasão, reduzindo a exposição; (2) Redução do impacto,

diminuindo a vulnerabilidade e as consequências; (3) Transferência do risco, especialmente por seguro rural e Proagro; (4) Retenção ou aceitação do risco remanescente.

No âmbito das propriedades rurais, as principais frentes de atuação incluem monitoramento meteorológico e climático, uso do Zarc, diversificação produtiva, conservação do solo e da água, irrigação e drenagem, materiais genéticos adaptados, infraestrutura e capacidade operacional resilientes, proteção econômica por seguro e Proagro, reservas financeiras, planos de contingência e capacitação das equipes. Essas medidas são complementadas por recomendações específicas para cada sistema produtivo.

A implementação dessas ações exige diferentes horizontes de tempo. Algumas podem ser adotadas imediatamente ou ao longo de um ciclo produtivo; outras dependem de investimentos e mudanças estruturais de médio e longo prazo. Os horizontes indicados devem ser interpretados como referência da antecedência normalmente necessária para implementação, considerando as diferenças entre regiões, sistemas e propriedades.

A Nota também destaca que a adaptação depende de **medidas viabilizadoras e instrumentos de política pública**. Entre as principais prioridades estão:

1. ampliar progressivamente a cobertura do seguro rural;
2. aperfeiçoar crédito, seguro e Proagro como instrumentos de indução à adaptação e sustentabilidade;
3. Fortalecer e aperfeiçoar os instrumentos de avaliação de riscos (Zarc), monitoramento meteorológico e prognóstico climático antecipado;
4. Desenvolver sistema nacional de monitoramento e quantificação de perdas na agricultura;

Embora elaborada no contexto do El Niño 2026/27, a Nota aponta para um desafio mais amplo para a agropecuária brasileira, que é a necessidade de se consolidar uma **política permanente de gestão de riscos agroclimáticos**, capaz de antecipar, monitorar e responder de forma organizada a secas, excesso de precipitação, ondas de calor, geadas, tempestades e incêndios. O principal legado do GT pode, portanto, ser a transição de uma lógica predominantemente reativa de gestão de crises para uma cultura permanente de antecipação, preparação, adaptação, monitoramento e aprendizagem.

Esta Nota Técnica reúne 163 medidas de gestão de riscos, das quais 14 são transversais, 139 específicas por segmento produtivo e 10 correspondem a ações viabilizadoras e instrumentos de política pública.

1. Introdução

1.1 Clima e Agropecuária

A agropecuária é uma das atividades econômicas humanas que mais depende das condições do tempo e do clima. As condições meteorológicas condicionam diretamente a viabilidade biológica e a eficiência operacional da agropecuária em três eixos centrais:

1. Fisiologia e Rendimento: O tempo e o clima afetam o metabolismo vegetal e animal. Anomalias térmicas e/ou hídricas (secas, geadas, ondas de calor, granizo e vendavais) causam estresse fisiológico, quebras de safra, além de danos a infraestruturas e rebanhos.
2. Dinâmica Fitossanitária e Zoossanitária: Variações de umidade e temperatura alteram a interação com insetos, fungos e bactérias, ditando a favorabilidade a pragas ou doenças e a eficácia das estratégias de controle.
3. Janela Operacional de Campo: Operações mecânicas e tratos culturais, como semeadura, adubação, irrigação, pulverização e colheita, bem como atividades relacionadas ao manejo reprodutivo e ao alojamento de animais, apresentam maior eficiência quando realizados sob condições adequadas de umidade do solo, tempo, clima e, nos sistemas aquícolas, de disponibilidade e qualidade da água, reduzindo perdas de insumos, compactação e degradação do solo, da água e do ambiente

Um evento meteorológico adverso (EMA) ocorre quando as condições meteorológicas se distanciam de um intervalo favorável à produção vegetal ou animal, passando a causar danos diretos ou indiretos que reduzem a produtividade e/ou a qualidade da produção, ou provocam prejuízos a bens, a infraestruturas ou ao ambiente.

O risco climático pode ser definido como o possível impacto negativo que um EMA pode causar a pessoas, bens ou ecossistemas. Assim, o risco climático combina, de certa forma, a probabilidade de ocorrência de um evento meteorológico adverso com o impacto desse evento. O impacto, por sua vez, depende do grau de exposição, ou seja, da maior ou menor presença de pessoas, bens ou ecossistemas sujeitos ao evento adverso e da vulnerabilidade, que expressa o grau de suscetibilidade desses entes ao evento adverso em questão.

O clima de qualquer lugar da Terra, apesar de costumeiramente descrito pelos valores médios das normais climatológicas, não é estável. A variabilidade climática interanual influencia diretamente o risco climático de um determinado local, pois refere-se às flutuações naturais que ocorrem na média das condições climáticas ao longo dos anos. Essas variações, por sua vez, são resultantes de uma interação complexa entre diversos fatores mas, principalmente, das oscilações

nos padrões de circulação atmosférica e nas oscilações oceânicas, que podem resultar nos fenômenos conhecidos como El Niño e La Niña.

Além da variabilidade natural, a mudança climática tem provocado alterações nas médias climáticas, bem como nos padrões de circulação atmosférica do planeta. À medida que o planeta se aquece, ondas de calor e temperaturas extremas ocorrem com maior frequência, por mais tempo e/ou com maior intensidade. Em muitas regiões, isso acarreta um aumento na evaporação da água dos corpos hídricos e do solo, conduzindo a condições mais secas. Ao mesmo tempo, o aumento da quantidade de vapor d'água na atmosfera leva a um aumento na ocorrência de tempestades, com chuvas e ventos muito fortes. Em outras regiões, isso potencializa as condições para enchentes. Desta forma, a mudança climática altera também a frequência de ocorrência e a intensidade de eventos adversos ou extremos.

1.2 El Niño - Oscilação Sul (ENOS) e projeções para 2026/2027

No Brasil, as condições climáticas de uma dada safra são fortemente afetadas por variações meteorológicas nas escalas interanuais, decadais e, até mesmo, seculares. Algumas variações locais são naturais e mais frequentes, resultando em possíveis perdas localizadas. Porém, os principais problemas de frustração de safra ocorrem quando sistemas de larga escala estão mais intensos e atuantes. O principal deles diz respeito ao fenômeno El Niño - Oscilação Sul (ENOS), cujas alterações no padrão de circulação geral da atmosfera são moduladas por suas fases quente e fria (*El Niño* e *La Niña*). Esses eventos são caracterizados pelas ocorrências de temperaturas anômalas (ou seja, acima ou abaixo da temperatura normal das águas superficiais da região equatorial do Oceano Pacífico), que podem causar anomalias climáticas extremas em várias partes do mundo, incluindo o Brasil. A situação de temperaturas das águas superficiais do Pacífico Equatorial dentro da condição de normalidade (desvios inferiores $\pm 0,5$ °C em relação à normal climatológica) é caracterizada como condição de neutralidade.

Os impactos causados pelo *El Niño* e pela *La Niña* na produção agrícola brasileira variam conforme a intensidade dos eventos, exposição e vulnerabilidade da região considerada. Normalmente em anos de *El Niño*, é comum o aumento da disponibilidade hídrica em partes do Sudeste e, principalmente, no Sul do Brasil, o que tende a favorecer as culturas de grãos com estação de crescimento no verão; mas podem prejudicar pisciculturas e carciniculturas em viveiros escavados, causando transbordamentos, rompimento de diques e infraestruturas. Além disso, podem ocorrer maiores problemas fitossanitários e possíveis impactos de chuvas na época da colheita. Já em áreas do Nordeste/Norte, as condições climáticas de pouca chuva em períodos quentes podem resultar em perdas significativas de produtividade (dependendo da espécie cultivada), principalmente quando coincidem com a estação mais seca do ano.

1.2.1 Anomalias de precipitação em El Niño de forte intensidade (referência geral):

Eventos de *El Niño* apresentam grande variabilidade espaço-temporal. Enquanto em alguns eventos o pico das anomalias de temperatura da superfície do mar (TSM) ocorre no Pacífico central, em outros ele se concentra no Pacífico Leste. A intensidade e a duração também variam entre os diferentes eventos. Além disso, outros fenômenos globais que ocorrem simultaneamente podem contribuir para intensificar ou enfraquecer os padrões atmosféricos associados ao evento como, por exemplo, a Oscilação Madden Julian (OMJ). Por isso, cada *El Niño* apresenta características próprias e, conseqüentemente, pode resultar em diferentes impactos sobre a circulação atmosférica global.

Em geral, eventos mais intensos como os *El Niños* de 1982, 1997 e 2015, estão associados a alterações mais pronunciadas nos padrões de precipitação da América do Sul. A figura abaixo apresenta os padrões de anomalia de precipitação durante o trimestre setembro-outubro-novembro (SON) para esses três eventos (*El Niños* de 1982, 1997 e 2015). Observa-se que, embora os três episódios estejam associados, de modo geral, a precipitação abaixo da média na região Norte e acima da média na região Sul do Brasil, a intensidade e a distribuição espacial das anomalias diferem significativamente entre os anos de El Niño. O *El Niño* de 1982 esteve associado às menores alterações no padrão de precipitação, enquanto o evento de 1997 apresentou anomalias mais intensas na região Sul. Já em 2015, as maiores anomalias foram observadas na região Norte.

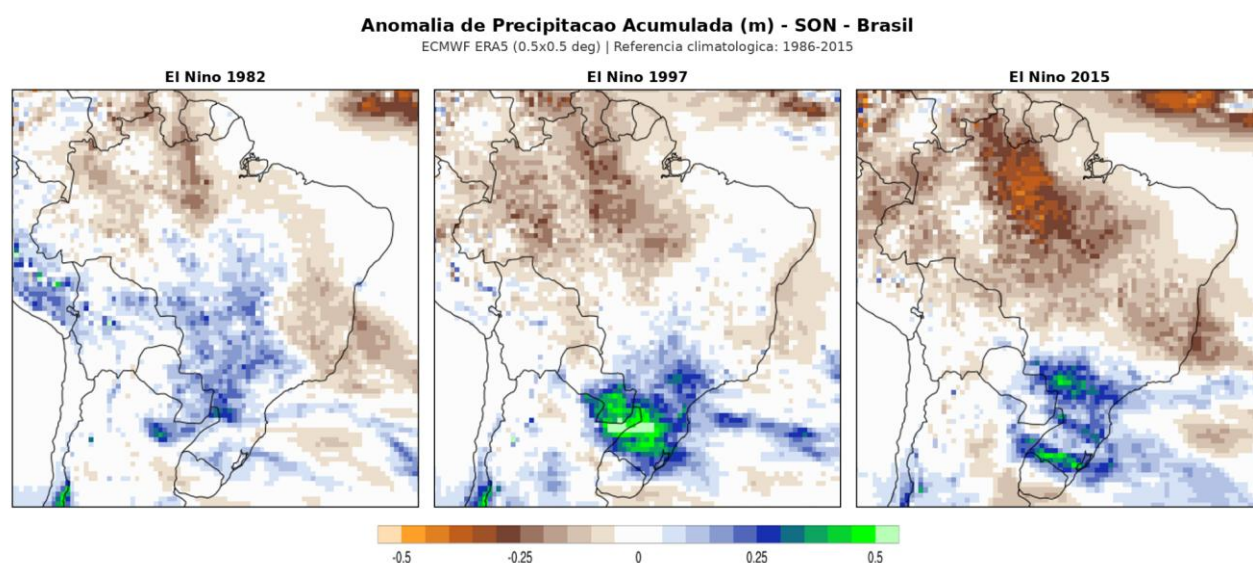


Figura 1. Visualização das anomalias de precipitação acumulada no trimestre setembro, outubro e novembro de 1982, 1997 e 2015, durante a fase El Niño do ENOS. FONTE: https://climatereanalyzer.org/research_tools/monthly_maps/

Além da variabilidade espacial, as anomalias de precipitação em anos de *El Niño* também variam bastante ao longo do tempo. A figura abaixo mostra os padrões de anomalia de precipitação no trimestre dezembro-janeiro-fevereiro (DJF) para os mesmos três eventos. Em todos os casos, observa-se uma intensificação da falta de chuvas na região Norte. Já na região Sul, as anomalias

positivas reduzem em relação às observadas na primavera, com exceção do *El Niño* de 1997, quando esses padrões se intensificaram.

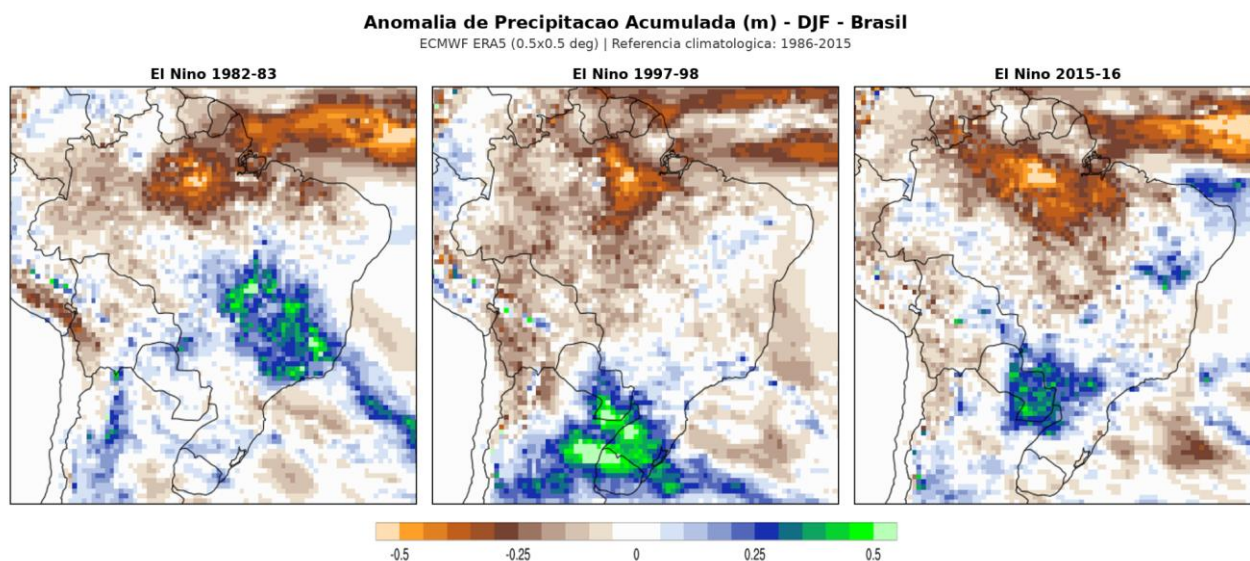


Figura 2. Visualização das anomalias de precipitação acumulada no trimestre dezembro, janeiro e fevereiro de 1982-83, 1997-98 e 2015-16, durante a fase El Niño do ENOS. FONTE: https://climatereanalyzer.org/research_tools/monthly_maps/

1.2.2. Anomalias de precipitação ocorridas no último evento de El Niño (referência geral):

O último *El Niño*, ocorrido em 2023-2024, foi classificado como um evento de intensidade moderada à forte. Durante a primavera, o fenômeno esteve associado às anomalias negativas de precipitação em grande parte das regiões Norte, Centro-Oeste e Sudeste do país, enquanto anomalias positivas predominaram na região Sul. No verão, observou-se uma redução generalizada na intensidade dessas anomalias, com exceção do extremo Norte, onde as anomalias negativas se intensificaram. Na região Sul, por sua vez, predominaram condições próximas da normalidade.

Esses padrões contribuíram com uma sequência de eventos extremos registrados no país em 2023 e 2024. Na Amazônia, a intensificação das anomalias negativas de chuva no extremo Norte contribuiu para a seca mais severa já registrada na bacia, com o rio Negro atingindo, em outubro de 2023, o menor nível em 121 anos de medições em Manaus e 62 municípios do Amazonas decretaram estado de emergência. No entanto, o recorde foi novamente quebrado em 2024, quando a mínima de Manaus ficou abaixo da de 2023.

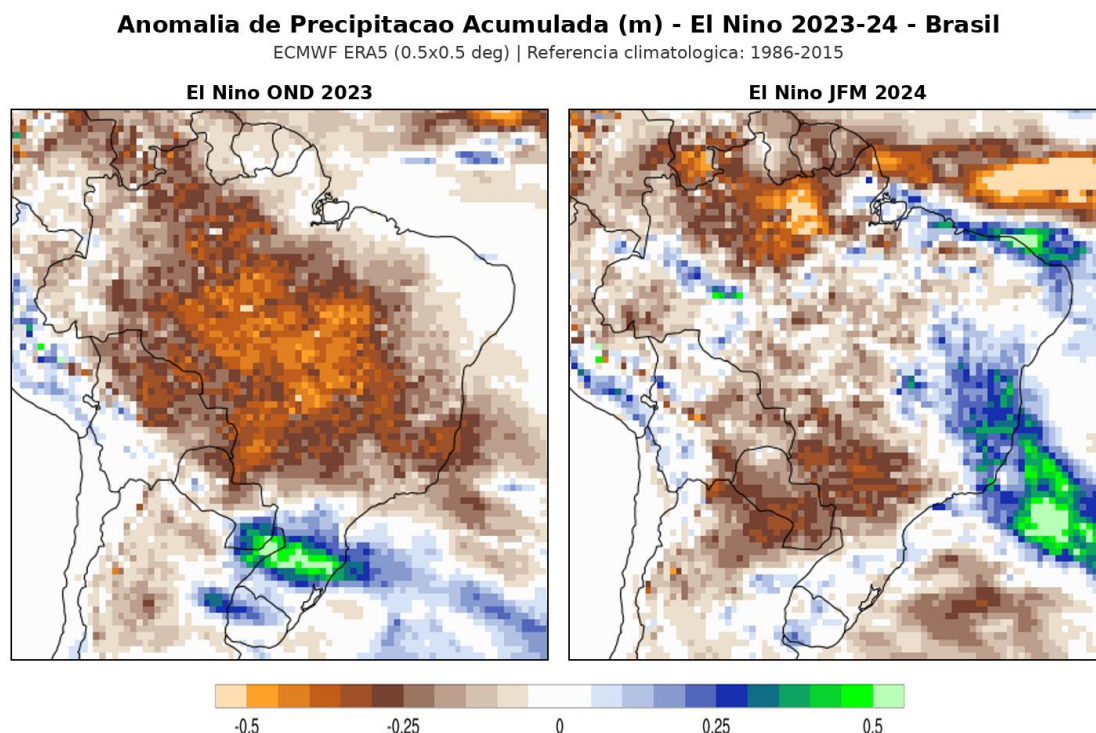


Figura 3. Visualização das anomalias de precipitação acumulada no último trimestre de 2023 e no primeiro trimestre de 2024. FONTE: https://climatereanalyzer.org/research_tools/monthly_maps/

Na região Sul, embora o verão de 2023 tenha se mantido próximo da normalidade, as condições associadas ao El Niño voltaram a favorecer chuvas excessivas no outono de 2024, quando municípios do Rio Grande do Sul receberam entre 500 e 700 mm de chuva em poucos dias, provocando o maior desastre climático já registrado no estado.

1.2.3. Projeções para o evento *El Niño* de 2026/27

Em junho de 2026 foi confirmada a configuração do evento *El Niño*. A NOAA/CPC estimou 69% de probabilidade de OND/2026 atingir $RONI \geq +2,5$ °C (*Relative Oceanic Niño Index*), superando os eventos anteriores da série iniciada em 1950, e >90% de probabilidade de um evento muito forte. Com essa magnitude projetada, aumenta a probabilidade de ocorrência de impactos consistentes com o padrão de El Niño, embora sua ocorrência, intensidade e distribuição espacial não sejam garantidas.

A figura abaixo mostra os valores de previsões da anomalia da TSM na região Niño 3.4, provenientes de modelos dinâmicos e estatísticos executados durante a primeira metade do mês. No gráfico, observa-se que a maior parte dos modelos prevê valores de anomalia acima de 2 °C entre a primavera e o verão de 2026, indicando alta probabilidade de ocorrência de um *El Niño* muito forte.

Em relação aos impactos sobre a precipitação no Brasil, os principais centros de previsão sazonal do mundo apresentam previsões semelhantes quanto à distribuição espacial e à evolução temporal dos padrões de precipitação.

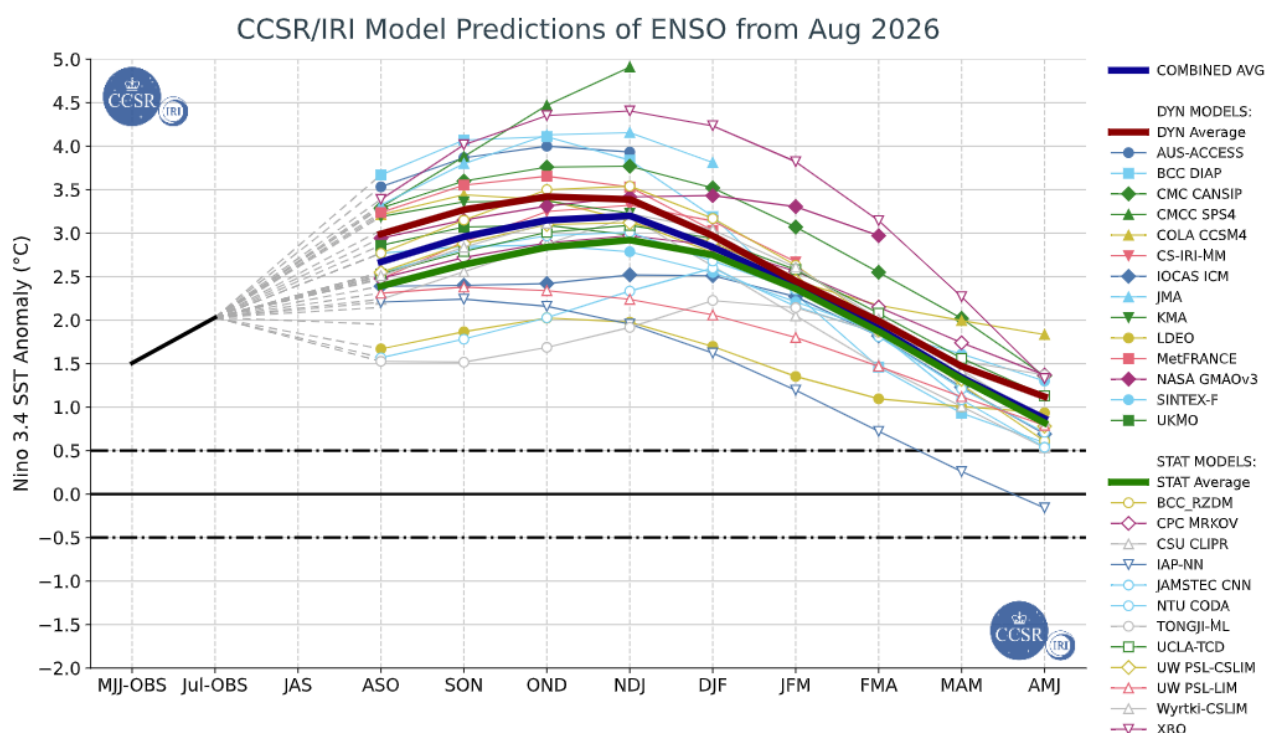


Figura 4. Conjunto de previsões da anomalia da TSM na região Niño 3.4, provenientes de modelos dinâmicos e estatísticos executados durante a primeira metade do mês. A média das previsões dos modelos dinâmicos é representada pela linha vermelha espessa, e a dos modelos estatísticos, pela linha verde espessa. FONTE: <https://iri.columbia.edu/our-expertise/climate/forecasts/enso/>

A figura abaixo mostra a previsão de conjunto da categoria mais provável de precipitação (abaixo da média, em torno da média, e acima da média), emitida em agosto de 2026 pelo *Center for Climate Systems Research* (CCSR) e pelo *International Research Institute for Climate and Society* (IRI). Ela indica maior probabilidade de ocorrência de precipitação abaixo da média em quase toda a região Centro-Norte do país e acima da média na região Sul durante o trimestre setembro-outubro-novembro (SON). No trimestre seguinte, observa-se um aumento dessas probabilidades, tanto para condições abaixo da média no Centro-Norte quanto para condições acima da média na região Sul do Brasil. Esse padrão se intensifica no trimestre novembro-dezembro-janeiro (NDJ) na região Norte, onde a maior parte do território passa a apresentar probabilidades superiores a 70% de ocorrência de precipitação abaixo da média. Na região Sul, por outro lado, observa-se uma redução na área com probabilidades superiores a 70% de precipitação acima da média, limitando-se ao extremo Norte e Oeste, enquanto o restante da região apresenta probabilidades em torno de 60%.

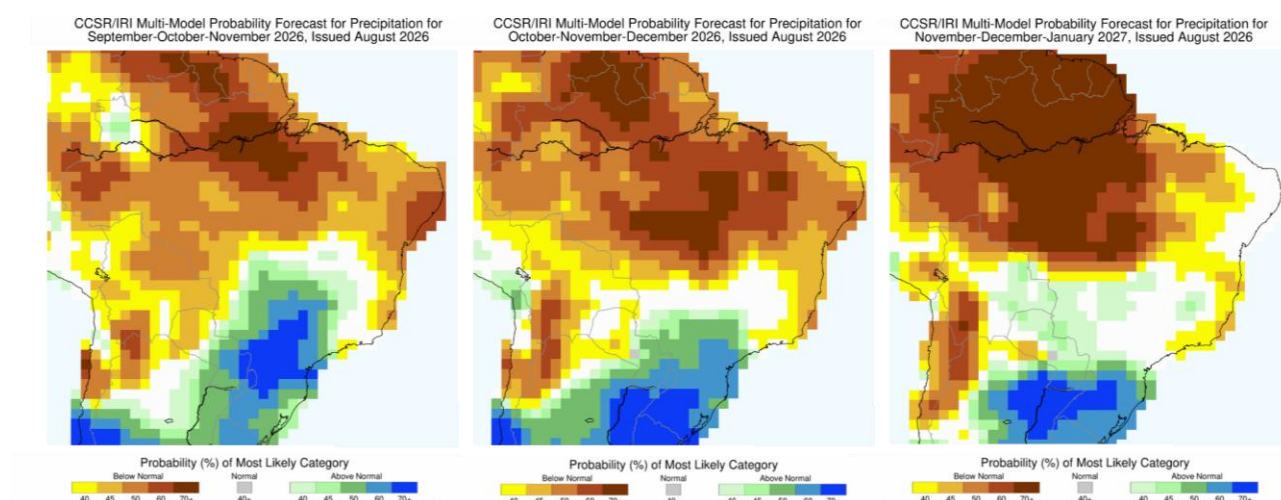


Figura 5. Projeções das anomalias de precipitação sobre o Brasil para os trimestres set-out-nov, out-nov-dez e nov-dez-jan. FONTE: <https://iri.columbia.edu/our-expertise/climate/forecasts/seasonal-climate-forecasts/>

A previsão do conjunto multimodelo, emitida em agosto de 2026 pelo *Copernicus Climate Change Service* (C3S), reforça o padrão de precipitação caracterizado por condições mais secas na região Centro-Norte do país e chuvas acima da média na região Sul, conforme mostrado na figura abaixo. No entanto, em comparação com a previsão do CCSR/IRI, o sistema do C3S indica probabilidades mais elevadas de ocorrência de chuvas abaixo da média na região Norte e acima da média na região Sul, desde o trimestre SON até NDJ de 2026/27. Essa diferença pode ser atribuída aos distintos conjuntos de modelos utilizados pelos dois sistemas de previsão.

C3S multi-system seasonal forecast
Prob(most likely category of precipitation)
Nominal forecast start: 01/08/26
Unweighted mean

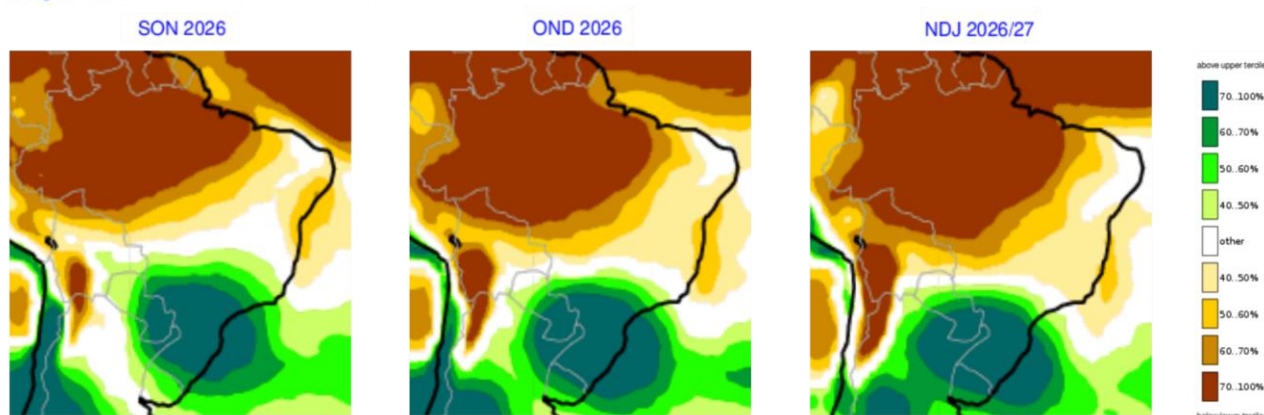


Figura 6. Projeções das anomalias de precipitação sobre o Brasil para os trimestres set-out-nov, out-nov-dez e nov-dez-jan. FONTE: https://climate.copernicus.eu/charts/packages/c3s_seasonal/

1.2.4. Outros moduladores climáticos relevantes

Embora o El Niño seja um dos principais fenômenos responsáveis pela modulação da variabilidade climática, outros modos de variabilidade oceânica também exercem influência sobre os padrões climáticos no Brasil. Entre eles, destaca-se o Gradiente Inter-Hemisférico de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no Atlântico Tropical, também conhecido como Dipolo do Atlântico Tropical. O índice utilizado para monitorar esse modo de variabilidade é o *Tropical Atlantic SST Index* (TASI), calculado como a diferença entre a TSM do Atlântico Tropical Norte (ATN) e do Atlântico Tropical Sul (ATS).

Valores positivos do TASI indicam que a TSM está mais elevada no ATN em relação ao ATS. Essa configuração tende a favorecer o deslocamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) mais para ao norte de sua posição média, reduzindo a precipitação sobre as regiões Norte e Nordeste do Brasil. Por outro lado, valores negativos do TASI estão associados a uma TSM relativamente mais elevada no ATS e favorecem o deslocamento da ZCIT para sul, contribuindo para o aumento da precipitação nessas regiões.

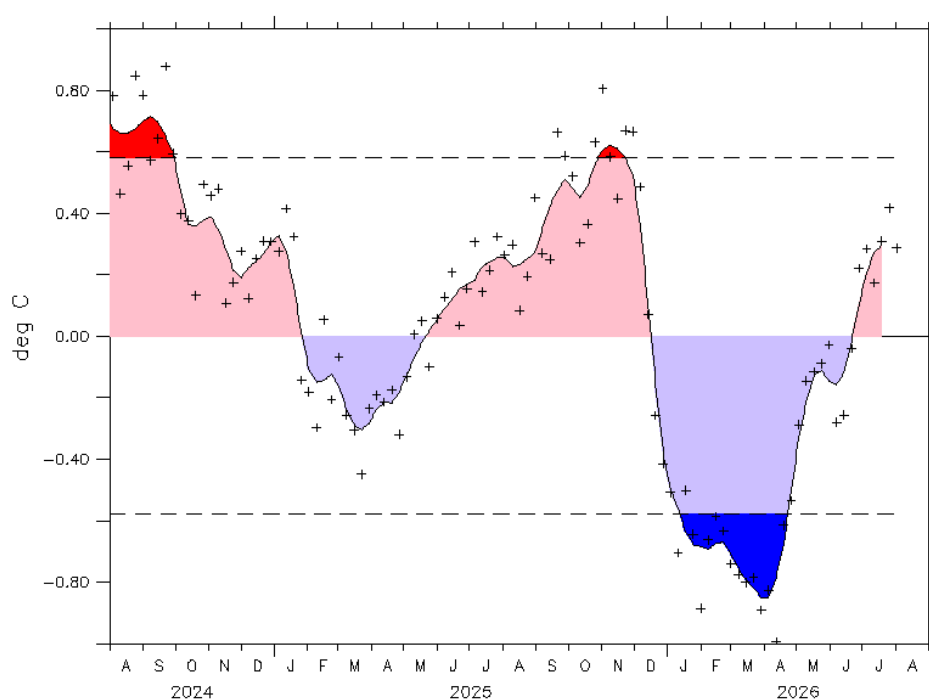


Figura 7. Índice de temperatura da superfície do Atlântico Tropical. FONTE: <https://stateoftheocean.osmc.noaa.gov/sur/atl/tasi.php>

A Figura 7 apresenta a evolução do TASI (índice de temperatura da superfície do Atlântico Tropical) entre agosto de 2024 e julho de 2026. Observa-se que o índice vem passando de valores negativos para positivos, o que pode aumentar o risco de ocorrência de precipitação abaixo da média na região Norte. No entanto, é importante destacar que o TASI apresenta menor previsibilidade do que o RONI, o que implica maior incerteza quanto à sua evolução e, consequentemente, aos possíveis padrões de precipitação associados a esse modo de variabilidade.

1.3 Avaliação dos impactos no Brasil em El Niños anteriores (Sistema Integrado de Informações Climáticas e Agrícolas)

Foi desenvolvido um sistema de visualização e análise integrada de dados climáticos e de rendimento agrícola, com o objetivo de avaliar os padrões de resposta das principais culturas agrícolas brasileiras às diferentes fases do El Niño–Oscilação Sul (ENOS). O sistema pode ser acessado via <https://www.agro-enos.cnptia.embrapa.br/>.

A ferramenta permite explorar conjuntamente a variabilidade espacial e temporal da precipitação e do rendimento agrícola. Para essa análise, as anomalias de precipitação foram estratificadas segundo as fases do ENOS (El Niño, La Niña e neutra), enquanto as variações dos rendimentos foram expressas como desvios percentuais em relação ao rendimento esperado, estimado a partir de uma tendência temporal suavizada pelo método LOESS (Locally Estimated Scatterplot Smoothing). Essa abordagem permite reduzir a influência da tendência de longo prazo do rendimento, associada, entre outros fatores, à evolução tecnológica dos sistemas produtivos, e destacar sua variabilidade interanual. Dessa forma, a ferramenta possibilita identificar regiões e sistemas produtivos potencialmente mais sensíveis às condições climáticas associadas às diferentes fases do ENOS.

A componente climática do sistema contempla mapas com anomalias de precipitação em diferentes escalas temporais, com ênfase neste relatório na precipitação acumulada em períodos de três meses, utilizada como representação da condição sazonal. Essa escala permite reduzir a influência de eventos isolados de chuva e evidenciar períodos persistentes de excesso ou deficiência de precipitação, mais compatíveis com a escala temporal de desenvolvimento das culturas e com a avaliação de seus possíveis efeitos sobre a produção agrícola.

A componente agrícola reúne informações históricas de rendimento das principais culturas, permitindo sua análise segundo as diferentes fases do ENOS. Os dados podem ser visualizados para todo o território nacional em duas escalas espaciais complementares: municipal, que permite maior detalhamento das diferenças locais, e Regiões Geográficas Intermediárias do IBGE, que favorecem a identificação de padrões regionais e reduzem a variabilidade inerente à análise de municípios individualmente.

A integração dessas duas dimensões permite investigar como as anomalias sazonais de precipitação associadas às diferentes fases do ENOS se relacionam com as variações observadas no rendimento agrícola. Dessa forma, o sistema possibilita a avaliação territorial da exposição e da sensibilidade da produção agrícola à variabilidade climática.

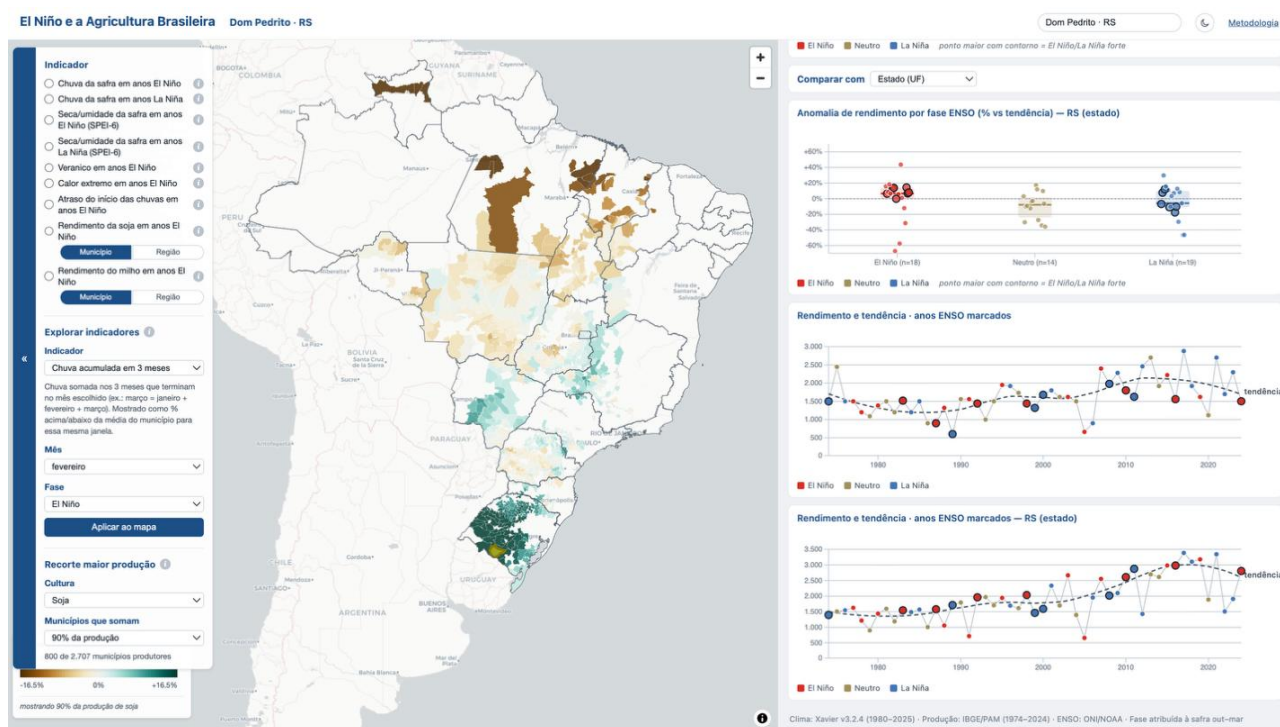


Figura 8: Visualização da anomalia de chuva acumulada na escala de 3 meses, período referente ao verão, na fase de El Niño.

Os mapas de precipitação acumulada em três meses evidenciam que os efeitos do ENOS apresentam heterogeneidade espacial no território brasileiro. Em vez de produzir uma resposta uniforme, as diferentes fases do fenômeno estão associadas a padrões regionais distintos de excesso e deficiência de precipitação. Essa característica é particularmente importante para o setor agropecuário, pois significa que um mesmo episódio de El Niño ou La Niña pode representar condições favoráveis para determinadas regiões produtoras e condições adversas para outras.

A análise dos rendimentos complementa essa caracterização climática. A separação dos anos em El Niño, La Niña e neutros permite comparar a distribuição dos desvios de rendimento e identificar culturas e regiões nas quais determinadas fases do ENOS estão associadas, historicamente, a maior frequência ou magnitude de desvios positivos ou negativos de produtividade.

Como exemplos de possíveis análises, apresentamos os resultados para soja e arroz no Rio Grande do Sul e milho no Paraná, com foco na primavera e verão. Esses casos permitem demonstrar como a informação climática sazonal pode ser combinada com a resposta histórica do rendimento para caracterizar diferentes padrões de vulnerabilidade regional e setorial.

No Rio Grande do Sul, os desvios de rendimento da soja apresentam comportamento distinto entre as fases do ENOS, com predominância de desvios positivos em anos de El Niño e negativos em anos de La Niña.

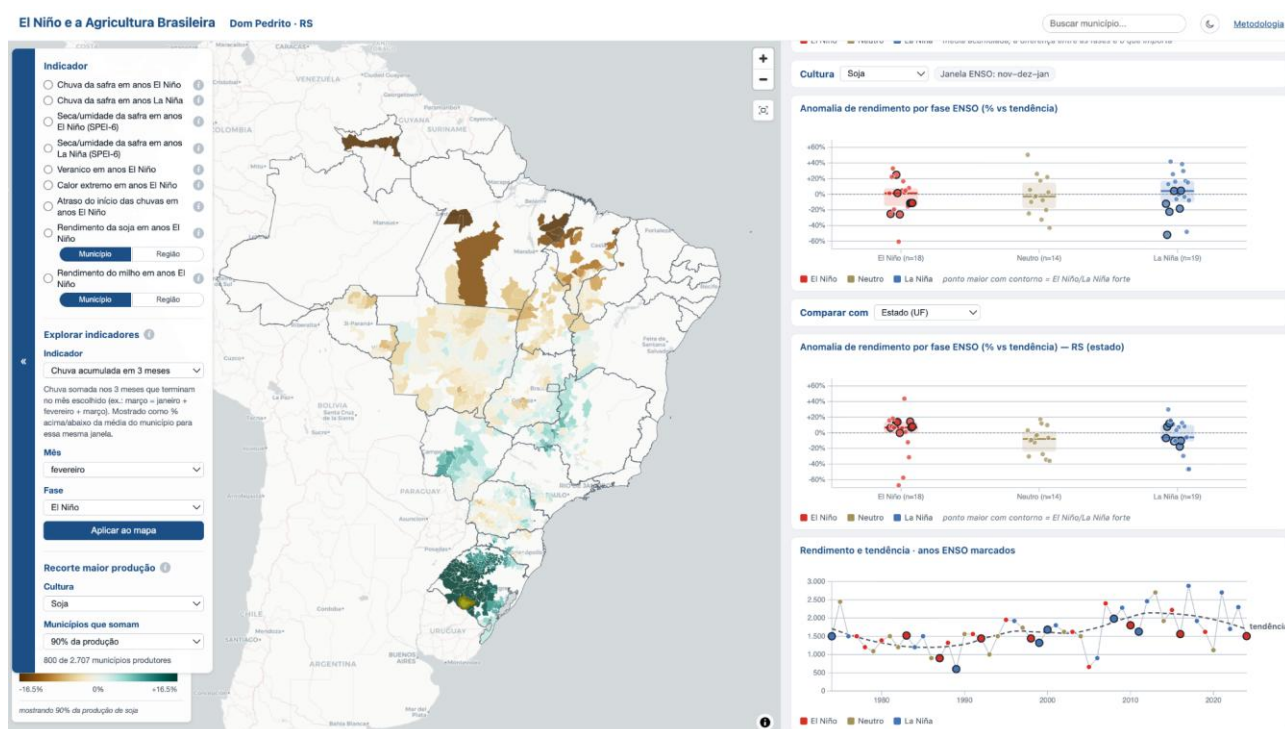


Figura 9. Visualização das anomalias de precipitação acumulada na escala trimestral, referentes ao período de verão, durante a fase El Niño do ENOS. À direita, são apresentados os desvios de rendimento da cultura da soja no estado do Rio Grande do Sul.

Esse padrão é coerente com a influência conhecida do ENOS sobre o regime de precipitação do estado, particularmente durante a primavera, período em que sua influência sobre as chuvas é mais pronunciada (Berlato e Fontana, 2003). Durante episódios de El Niño, observa-se maior frequência de passagem de frentes frias sobre o Rio Grande do Sul em comparação aos anos de La Niña, contribuindo para o aumento da precipitação (Fedorova e Carvalho, 2000; Marengo e Oliveira, 1998). Os aumentos de chuva associados ao El Niño são particularmente evidentes durante a primavera e o início do verão, períodos que coincidem com etapas importantes do calendário da soja no estado (Fontana e Berlato, 1997; Grimm et al., 1998; Berlato e Fontana, 2003).

Em anos de La Niña, o comportamento tende a ser oposto, com redução da precipitação em períodos específicos, particularmente em outubro–novembro e maio–junho (Marengo e Oliveira, 1998). Fontana e Berlato (1997), por exemplo, identificaram diferenças expressivas na precipitação associadas às fases do ENOS, com aumento de aproximadamente 40 a 70 mm no norte do Rio Grande do Sul durante eventos de El Niño e redução de até 80 mm na região oeste durante eventos de La Niña. Os autores também identificaram um segundo máximo de precipitação em abril e maio durante anos de El Niño. Esses resultados evidenciam que o sinal do ENOS apresenta não apenas uma componente temporal, mas também importante heterogeneidade espacial dentro do próprio estado.

Para a soja, essas alterações no regime pluviométrico são particularmente relevantes quando coincidem com períodos de elevada demanda hídrica. A disponibilidade adequada de água favorece o estabelecimento da cultura, o desenvolvimento vegetativo e, sobretudo, as fases

reprodutivas e de enchimento de grãos. Nesse sentido, a maior disponibilidade hídrica observada com maior frequência durante eventos de El Niño oferece um mecanismo agroclimático consistente com a predominância de desvios positivos de rendimento identificada pelo sistema no Rio Grande do Sul. De maneira análoga, a maior probabilidade de deficiência ou irregularidade das chuvas durante episódios de La Niña é consistente com a ocorrência de desvios negativos de rendimento.

Entretanto, a relação entre precipitação e rendimento não é linear, e volumes mais elevados de chuva não necessariamente resultam em ganhos de produtividade. Quando a precipitação é excessiva ou persiste por períodos prolongados, pode ocorrer saturação do solo, redução da aeração e comprometimento do sistema radicular. A elevada umidade do ambiente e o prolongamento do período de molhamento foliar também podem favorecer a ocorrência e disseminação de doenças, aumentando a pressão fitossanitária sobre a cultura. Adicionalmente, períodos prolongados de chuva podem dificultar o acesso de máquinas à lavoura e limitar a realização, no momento adequado, de operações de manejo e controle fitossanitário. Dessa forma, os potenciais benefícios associados à maior disponibilidade hídrica durante anos de El Niño dependem não apenas do volume total precipitado, mas também de sua distribuição temporal, intensidade, persistência e coincidência com as diferentes fases do ciclo da cultura.

Assim, o comportamento observado no Rio Grande do Sul deve ser interpretado como uma resposta média histórica às condições associadas às diferentes fases do ENOS, e não como uma relação determinística. Em termos de risco agrícola, tanto o déficit quanto o excesso de precipitação podem produzir impactos negativos, por mecanismos distintos. O resultado encontrado pelo sistema sugere que, no período analisado, o efeito médio da maior disponibilidade hídrica nos anos de El Niño foi predominantemente favorável ao rendimento da soja, enquanto as condições associadas à La Niña estiveram mais frequentemente relacionadas aos desvios negativos. A magnitude e mesmo o sinal dessa resposta, contudo, podem variar entre safras e regiões em função da distribuição das chuvas, do calendário agrícola, das condições fitossanitárias e das características dos sistemas produtivos.

No Rio Grande do Sul, os desvios de rendimento do arroz irrigado apresentam comportamento distinto entre as fases do ENOS. Diferentemente da soja, anos de El Niño tendem a apresentar condições menos favoráveis ao rendimento do arroz irrigado, enquanto anos de La Niña podem apresentar resposta mais favorável.

Esse comportamento é coerente com estudos realizados no próprio estado. Após a remoção da tendência tecnológica da série histórica, Carmona (2017) identificou condições desfavoráveis ao arroz irrigado em 53% dos eventos de El Niño e favoráveis em 59% dos eventos de La Niña.

A interpretação desse resultado deve considerar uma particularidade fundamental da cultura: por se tratar predominantemente de arroz irrigado, maior precipitação não representa necessariamente maior disponibilidade hídrica benéfica à planta. Diferentemente de culturas de sequeiro, nas quais a deficiência de chuva pode constituir uma das principais limitações ao rendimento, o sistema irrigado permite suprir a demanda hídrica da cultura. Assim, outros elementos

meteorológicos, especialmente a disponibilidade de radiação solar, passam a exercer papel importante na determinação do rendimento (STEINMETZ, et al., 2004)

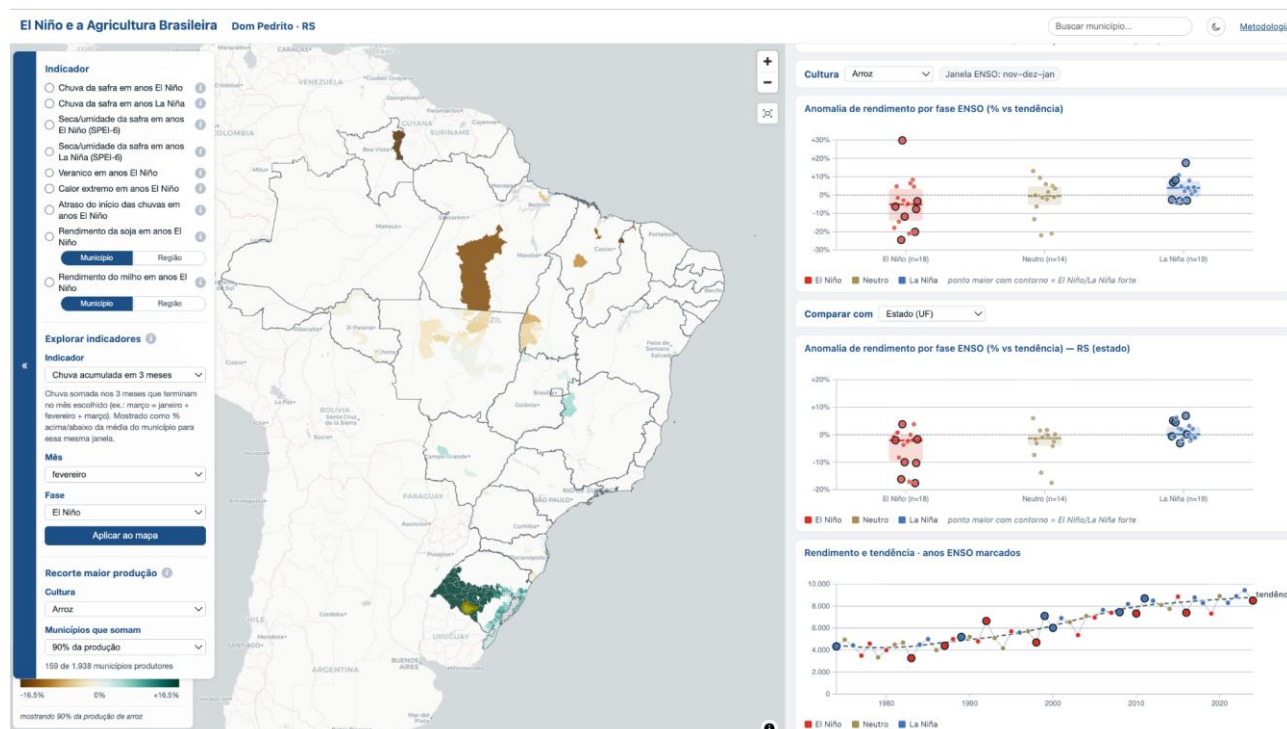


Figura 10. Visualização das anomalias de precipitação acumulada na escala trimestral, referentes ao período de verão, durante a fase El Niño do ENOS. À direita, são apresentados os desvios de rendimento da cultura do arroz, no estado do Rio Grande do Sul.

Durante episódios de El Niño, o aumento da precipitação observado com frequência no Rio Grande do Sul pode estar acompanhado de maior nebulosidade e menor disponibilidade de radiação solar. Além disso, chuvas excessivas durante a primavera e o início do verão podem atrasar a semeadura, dificultar operações de manejo e, em situações extremas, provocar alagamentos ou perdas de áreas cultivadas. Estudos específicos para o arroz irrigado gaúcho associam justamente esses mecanismos ao menor rendimento observado com maior frequência em anos de El Niño. Em estudo realizado para Pelotas entre as safras 1998/99 e 2015/16, anos de La Niña apresentaram maior produção e maior radiação solar média do que anos de El Niño, reforçando a importância da interação entre precipitação e disponibilidade de radiação para a cultura (Boeira et al. (2017)).

Em anos de La Niña, embora a precipitação tenda a ser menor em partes do Rio Grande do Sul, a disponibilidade de água por irrigação pode reduzir a exposição da cultura ao déficit pluviométrico. Ao mesmo tempo, a menor nebulosidade pode favorecer maior disponibilidade de radiação solar durante o desenvolvimento da cultura. Dessa forma, o arroz irrigado constitui um exemplo importante de que a resposta agrícola ao ENOS não pode ser inferida diretamente a partir do sinal da precipitação: uma condição mais chuvosa não é necessariamente mais favorável, assim como uma condição relativamente mais seca não implica, necessariamente, redução do rendimento.

Assim, os desvios de rendimento observados pelo sistema devem ser interpretados como uma resposta média histórica às condições associadas às diferentes fases do ENOS. A magnitude e o sinal dessa resposta dependem da distribuição das chuvas, disponibilidade de radiação solar, época de semeadura, disponibilidade de água para irrigação, temperatura, manejo e ocorrência de eventos extremos. Esse resultado evidencia a importância de considerar as características específicas de cada sistema produtivo na identificação de vulnerabilidades climáticas.

No Paraná, os desvios de rendimento do milho observados entre as diferentes fases do ENOS evidenciam a sensibilidade da cultura à variabilidade climática, especialmente à disponibilidade e à distribuição da precipitação ao longo do ciclo produtivo. Para o milho, a disponibilidade hídrica assume particular importância nas fases de florescimento, polinização e enchimento de grãos, de modo que a ocorrência de déficit hídrico nesses períodos pode comprometer significativamente a formação do rendimento.

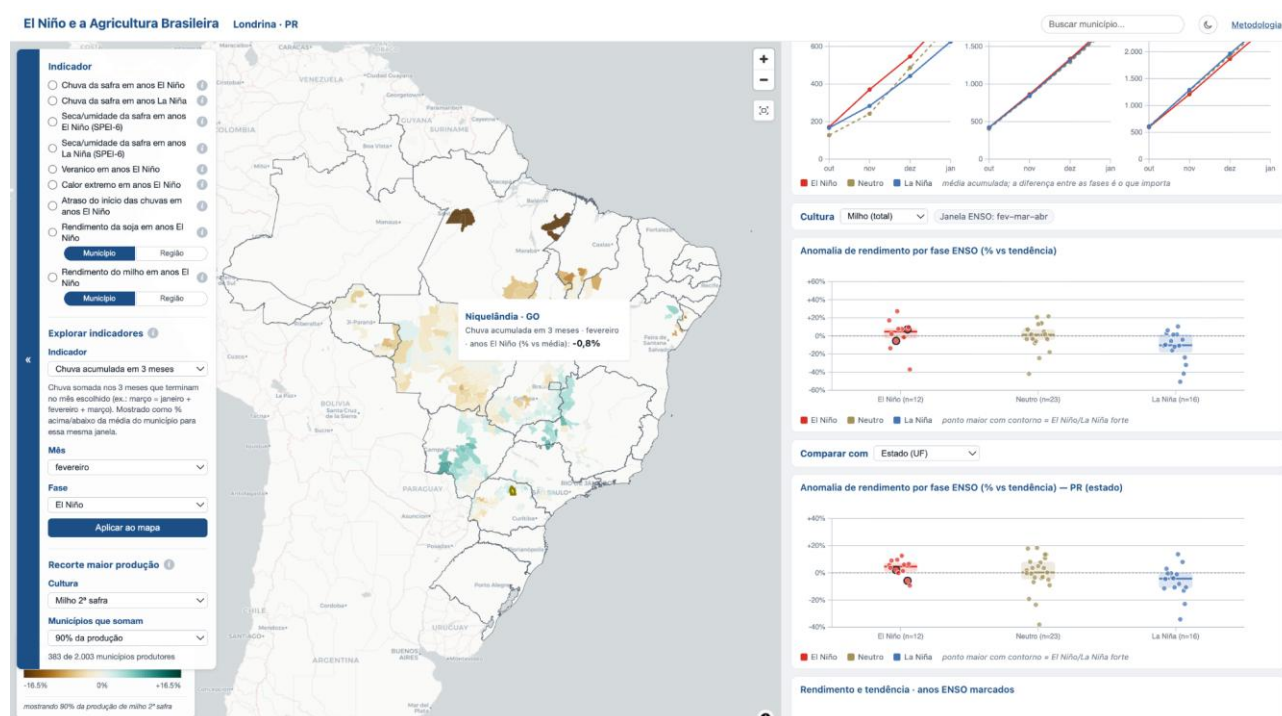


Figura 11. Visualização das anomalias de precipitação acumulada na escala trimestral, referentes ao período de verão, durante a fase El Niño do ENOS. À direita, são apresentados os desvios de rendimento da cultura do milho no estado do Paraná.

Essa relação deve ser analisada com atenção especial no caso do milho segunda safra, sistema de grande relevância no Paraná. Nesse sistema, não apenas a anomalia sazonal de precipitação, mas principalmente a distribuição das chuvas ao longo do ciclo e sua coincidência com as fases de maior sensibilidade da cultura são determinantes para a resposta produtiva. Prela-Pantano et al. (2011), embora tenham analisado milho de verão no Médio Paranapanema (SP), demonstraram a importância desse mecanismo ao identificar relação entre o rendimento do milho e a ocorrência e distribuição das chuvas, sem, contudo, observar uma relação direta entre rendimento e ocorrência de El Niño ou La Niña. Os autores registraram tanto safras com precipitação

abaixo da média e rendimento elevado, quando as chuvas foram adequadamente distribuídas durante o ciclo, quanto situações de maior precipitação total acompanhadas de menor rendimento, quando o déficit hídrico coincidiu com fases críticas da cultura.

No Paraná, essa interpretação é reforçada pela expressiva variabilidade espacial e sazonal dos períodos secos. Salton, et al. (2021), analisando dados diários de precipitação de 142 estações meteorológicas entre 1977 e 2015, identificaram maior ocorrência de períodos secos nas regiões norte e noroeste e menor frequência no litoral e sul do estado. Os autores também verificaram uma sazonalidade bem definida, com maior frequência de períodos secos entre maio e agosto, intervalo que coincide com parte importante do ciclo do milho segunda safra em diversas regiões produtoras.

O estudo também evidencia a influência do ENOS sobre esse contexto climático. Embora períodos secos ocorram em todas as fases do fenômeno, as secas moderadas e severas apresentaram maior frequência relativa durante eventos de La Niña, enquanto, em condições de El Niño, foram mais frequentes períodos secos de menor intensidade Salton et al. (2021). Esse comportamento é consistente com a redução da precipitação frequentemente associada à La Niña no Sul do Brasil. Entretanto, Salton et al. (2021) ressaltam que o sinal do ENOS no Paraná pode ser mais discreto devido ao caráter transicional do clima estadual e à influência de fatores regionais, como relevo, continentalidade e dinâmica dos sistemas atmosféricos.

Para o milho segunda safra, a janela de semeadura funciona como importante modulador dessa exposição climática. Como a implantação ocorre após a colheita da cultura de verão, atrasos na semeadura podem deslocar as fases de maior demanda hídrica para meses em que os períodos secos são climatologicamente mais frequentes. Consequentemente, uma mesma anomalia sazonal de precipitação pode produzir impactos distintos dependendo da data de semeadura e do estágio fenológico atingido pela cultura. Nesse contexto, mesmo períodos relativamente curtos sem precipitação podem ser relevantes: períodos secos de 10 a 20 dias podem afetar negativamente a produção quando coincidem com estádios fenológicos sensíveis.

A relação entre precipitação e rendimento, portanto, não é linear. O déficit hídrico pode limitar diretamente o rendimento quando ocorre em fases críticas, mas volumes elevados de precipitação também não representam necessariamente condições favoráveis. Chuvas excessivas ou persistentemente concentradas podem dificultar operações agrícolas, afetar as condições físicas do solo e aumentar a pressão fitossanitária. Dessa forma, mais do que o volume acumulado de chuva, são relevantes sua distribuição temporal, intensidade e coincidência com as diferentes fases do ciclo da cultura.

Assim, a anomalia de precipitação constitui um indicador da condição climática, mas não deve ser interpretada isoladamente como indicador de impacto sobre o rendimento. No milho segunda safra do Paraná, o efeito final depende da interação entre o sinal climático, a região produtora, a época de semeadura, o estágio fenológico e as estratégias de manejo. A fase do ENOS deve, portanto, ser compreendida como um condicionante do contexto de risco climático, e não como determinante isolado do rendimento. Os padrões históricos identificados pelo sistema

permitem reconhecer regiões e períodos que merecem maior atenção e apoiar estratégias de planejamento e manejo voltadas à redução da vulnerabilidade da cultura.

Um aspecto particularmente relevante evidenciado pelo sistema é que diferentes culturas, mesmo quando localizadas em uma mesma região, podem responder de maneira distinta a um mesmo sinal climático. No Rio Grande do Sul, por exemplo, soja e arroz podem apresentar respostas diferentes às condições de maior precipitação associadas ao El Niño. Esse contraste ilustra a importância de interpretar a anomalia de precipitação como um indicador da condição climática, e não como uma medida direta de impacto sobre a produção. A forma como esse sinal se traduz em ganho ou perda de rendimento depende da sensibilidade de cada cultura e das características do sistema produtivo, incluindo o manejo adotado. Para a soja de sequeiro, maior disponibilidade hídrica pode reduzir o risco de déficit de água em fases críticas e favorecer o rendimento. Para o arroz irrigado, por outro lado, a disponibilidade de água é parcialmente controlada pelo próprio sistema de produção, enquanto o excesso de precipitação, a maior nebulosidade e a consequente redução da radiação solar podem limitar o rendimento. Assim, a vulnerabilidade ao ENOS resulta da interação entre a magnitude do sinal climático, a sensibilidade da cultura e a capacidade de manejo e adaptação do sistema produtivo.

Diante da perspectiva de um evento climático adverso de grande magnitude, a gestão de riscos deve operar simultaneamente em dois horizontes. No primeiro, busca-se reduzir os impactos sobre a safra e os sistemas produtivos em curso, utilizando as informações, instrumentos e capacidades já disponíveis. No segundo, é necessário identificar e corrigir vulnerabilidades estruturais que limitam a capacidade de preparação e resposta do setor. A gestão do El Niño 2026/27 deve, portanto, combinar medidas aplicáveis ao evento corrente com ações capazes de aumentar permanentemente a resiliência da agropecuária brasileira aos eventos climáticos futuros.

1.4 Conceitos fundamentais para a comunicação: risco climático, ameaça, exposição, vulnerabilidade, mitigação, adaptação e gestão de riscos

De acordo com os conceitos adotados pelo Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC, 2023) o **risco climático** no setor agropecuário representa a potencial perda de produtividade ou prejuízos econômicos decorrentes da interação entre uma ameaça meteorológica, a exposição do ativo agrícola e a vulnerabilidade do sistema de produção.

A **ameaça** (meteorológica) refere-se à ocorrência potencial de um evento meteorológico adverso (ex.: geadas, secas severas, ondas de calor, granizo ou chuvas excessivas durante a colheita) que pode causar mortandade de plantas e animais, queda no rendimento de grãos e produtividade, ou degradação da qualidade da colheita.

A **exposição** corresponde à presença de sistemas agropecuários (culturas em campo, rebanhos, infraestrutura de armazenamento e logística) em locais e períodos sujeitos à ocorrência da ameaça climática. Se uma cultura suscetível à geada for semeada em uma baixada durante os meses de inverno, há alta exposição ao evento térmico adverso, ou se lotes de peixes e camarões forem povoados em épocas propícias a alagamentos pode haver perdas por fugas

A **vulnerabilidade** é a predisposição ou propensão do sistema de produção a ser afetado negativamente pela ameaça climática. A vulnerabilidade é uma função direta da sensibilidade do sistema e de sua capacidade adaptativa. A sensibilidade é o grau em que o sistema é afetado pelo evento adverso. Por exemplo, um cultivo de feijão em solo arenoso é mais sensível a um evento de seca do que um cultivo de soja em solo de alto armazenamento hídrico. A capacidade adaptativa é dada pela habilidade do produtor ou da propriedade de se ajustar aos impactos potenciais, utilizar ferramentas de gestão de risco e recuperar-se das perdas (ex.: sistemas de produção resilientes, irrigação, contratação de Seguro Rural, assistência técnica qualificada, reserva de capital).

A **mitigação**, no contexto climático, é o termo mais utilizado para designar o conjunto de intervenções antrópicas destinadas a reduzir as fontes de emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) (como CO₂ e Metano) ou a aumentar os sumidouros de carbono (CO₂) no solo e na biomassa vegetal. O objetivo central é conter a elevação da temperatura média global, mitigando a mudança climática e estabilizando o sistema climático.

A **adaptação**, por sua vez, refere-se ao processo de ajuste nos sistemas humanos ou naturais em resposta aos impactos do clima real ou esperado e aos seus efeitos. Nos sistemas humanos, esse ajuste busca moderar e evitar danos físicos ou socioeconômicos e ambientais, além de explorar eventuais oportunidades benéficas.

De acordo com a norma internacional (ABNT NBR ISO 31000, 2018) que fornece princípios e diretrizes para a gestão de riscos em qualquer tipo de organização a **gestão de riscos** compreende o conjunto de ações coordenadas destinadas a reduzir riscos e aproveitar oportunidades para aumentar a probabilidade de alcançar os objetivos do sistema de produção. De forma simplificada, o ciclo da gestão de riscos pode ser organizado em quatro etapas principais: (1) identificação dos riscos; (2) análise e avaliação dos riscos; (3) tratamento dos riscos (prevenir, reduzir o impacto, transferir, aceitar); e (4) monitoramento e revisão dos resultados, apoiadas continuamente pela comunicação, consulta e atualização das informações. Essa definição pode ser diretamente aplicada ao contexto dos riscos climáticos na agropecuária.

1.5. Gestão de Riscos aplicada ao contexto climático na agropecuária

A gestão de riscos climáticos na agropecuária pode ser estruturada a partir dos princípios e etapas do processo de gestão de riscos estabelecidos pela ISO 31000, adaptados às especificidades dos sistemas de produção agropecuária.

Nesse contexto, o processo deve ser compreendido como contínuo, interativo e orientado à tomada de decisão, no qual a identificação e a avaliação dos riscos subsidiam a definição de medidas de tratamento, enquanto o monitoramento dos resultados retroalimenta o processo para os ciclos produtivos subsequentes.

Importante enfatizar que a construção da resiliência agroclimática na propriedade rural não ocorre de forma reativa durante a emergência de uma crise, mas por meio de um planejamento contínuo e antecipado. Como a estruturação do solo, o ajuste de maquinários e a consolidação de garantias financeiras exigem tempo de maturação, as orientações técnicas devem ser organizadas por nível de responsabilidade e janela de execução.

A comunicação constitui elemento transversal desse processo. Informações sobre previsão meteorológica e climática somente contribuem efetivamente para a redução de riscos quando são traduzidas em informações relevantes para a decisão produtiva, indicando quais sistemas, regiões e fases do ciclo estão potencialmente expostos, quais consequências devem ser consideradas e quais alternativas de manejo ou gestão podem ser avaliadas. Dada a diversidade da agropecuária brasileira, essas orientações devem ser entendidas como diretrizes gerais e complementadas pela assistência técnica sempre que a decisão exigir diagnóstico específico da propriedade.

1.5.1 Identificação de Riscos

Consiste na identificação dos eventos meteorológicos adversos capazes de impactar a produtividade das culturas e criações nas diferentes fases do ciclo produtivo, considerando as particularidades e necessidades de cada espécie cultivada ou criada, regiões de produção e épocas de cultivo e criação.

No contexto brasileiro, destacam-se a deficiência hídrica durante o florescimento e enchimento de grãos ou crescimento de frutos, as geadas tardias ou precoces, o estresse térmico por altas temperaturas e lumínico, o excesso de precipitação na colheita e os veranicos prolongados durante as fases críticas das culturas. Para as criações animais destacam-se a redução de disponibilidade de água e alimentos, o estresse térmico, a maior incidência de doenças e parasitoses, as perdas de produtividade e de desempenho reprodutivo, a fuga e a mortalidade de animais. De forma geral para culturas e criações destacam-se os danos à infraestrutura e à logística, a interrupção no fornecimento de insumos e energia, o aumento dos custos de produção e as perdas econômicas.

1.5.2. Avaliação de Riscos (quantificação)

A avaliação de riscos compreende a caracterização da probabilidade de ocorrência dos eventos adversos e a estimativa de suas possíveis consequências, permitindo determinar a magnitude e a prioridade dos riscos para o sistema produtivo.

Quando houver restrição de dados históricos locais, adota-se a avaliação qualitativa embasada no histórico da região e no conhecimento técnico de campo.

Prioriza-se a abordagem quantitativa, respaldada por modelos agrometeorológicos, dados históricos de estações meteorológicas e indicativos do Zoneamento Agrícola de Risco Climático (Zarc).

O Zarc é o principal instrumento público de avaliação de riscos climáticos para a agricultura brasileira. Suas indicações permitem identificar, para as culturas e condições abrangidas pela metodologia, combinações de município, época de cultivo, ciclo e demais parâmetros considerados que apresentam diferentes níveis de risco climático. Essas informações não substituem a recomendação agronômica específica, mas constituem importante subsídio para o planejamento do sistema produtivo e para a tomada de decisão pelo produtor e pela assistência técnica.

A partir da identificação das situações de menor, médio ou maior risco indicadas pelo Zarc, e em conjunto com outras informações agronômicas, econômicas e operacionais, podem ser avaliadas alternativas como: (1) selecionar, entre as culturas tecnicamente aptas à região, aquelas com condições de risco mais favoráveis; (2) posicionar a semeadura ou o plantio nas épocas de menor risco; (3) comparar ciclos ou grupos de cultivares quanto ao posicionamento do período crítico da cultura e ao risco associado; (4) avaliar a necessidade ou a conveniência de práticas de manejo capazes de reduzir a vulnerabilidade do sistema, como irrigação, conservação do solo e da água, cultivo em contorno e outras práticas tecnicamente recomendadas; (5) selecionar cultivares ou genótipos com características mais compatíveis com o ambiente e com o nível de risco identificado, considerando estabilidade e potencial produtivo; e (6) avaliar a conveniência de diferentes arranjos e sucessões de cultivo, inclusive a realização de segunda ou terceira safra, considerando que o deslocamento das culturas para períodos situados fora das indicações do Zarc pode aumentar significativamente a exposição ao risco climático. Tais informações são cruciais para a definição de estratégias de tratamento de riscos, especialmente diante da projeção de um evento El Niño forte.

1.5.3. Tratamento de Riscos

Esta etapa converte os diagnósticos operacionais em planos práticos de adaptação dos sistemas produtivos visando reduzir perdas potenciais por eventos adversos. O tratamento de riscos pode ser organizado em quatro estratégias complementares:

- **Prevenção:** A prevenção ou evasão do risco, compreende as medidas que visam eliminar ou reduzir a exposição da cultura ao perigo climático. Destaca-se o uso das indicações do Zarc conforme a cultura, grupo de cultivar, município e solo, visando posicionar o cultivo nas épocas de mais baixo risco.

- **Redução:** A redução do impacto inclui ações direcionadas à redução da vulnerabilidade do sistema agrícola quando o evento adverso é inevitável. Exemplos incluem o manejo conservacionista do solo via Sistema Plantio Direto (SPD), irrigação e cultivos protegidos.

- Transferência: Mecanismos de redistribuição do impacto financeiro do evento adverso a terceiros. Como o risco climático operacional na agricultura é inevitável, o Seguro Rural é fundamental, respaldado pelo Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR/MAPA) e pelo Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro).

- Aceitação: É preciso reconhecer e assumir de forma consciente a parcela do risco que ainda permanece após a adoção das medidas de prevenção, redução e transferência, desde que sua retenção seja compatível com a capacidade financeira e operacional do empreendimento.

Todo o risco que não é efetivamente prevenido, reduzido ou transferido, é necessariamente absorvido no sistema produtivo. Essa estratégia requer planejamento prévio para absorver eventuais perdas, por meio de liquidez, reservas financeiras, diversificação de atividades, capacidade operacional e planos de contingência.

1.5.4. Monitoramento dos resultados e retroalimentação

Por se tratar de um ambiente dinâmico — no qual cultivos, propriedades do solo, janelas operacionais e variabilidades atmosféricas interagem continuamente — a matriz de risco da propriedade rural não é estática. Assim, a gestão deve ser executada de forma iterativa e cíclica, onde o monitoramento contínuo retroalimenta o ciclo da gestão e o planejamento safra a safra.

Consiste na auditoria sistemática das estratégias implementadas, confrontando as perdas estimadas com os resultados reais obtidos ao final de cada ciclo agrícola. O monitoramento contínuo revalida a eficácia das práticas de manejo e identifica a necessidade de recalibrar a matriz de riscos frente às mudanças nos padrões climáticos locais.

Em escala institucional, o monitoramento dos riscos requer capacidade permanente de integrar informações meteorológicas, agrometeorológicas, produtivas e territoriais e transformá-las em suporte à decisão. Uma estrutura de monitoramento e resposta deve permitir identificar continuamente onde os eventos adversos estão ocorrendo ou são previstos, quais cadeias e fases produtivas estão expostas, qual a gravidade potencial dos impactos e quais instituições ou instrumentos devem ser acionados. Essa função ultrapassa a simples disponibilização de dados meteorológicos e constitui componente operacional da gestão de riscos.

1.6. Temporalidade das ações de tratamento de riscos

Uma mesma medida pode produzir efeitos de mitigação de impacto no curto prazo e, quando incorporada de forma permanente ao sistema produtivo, contribuir simultaneamente para a adaptação e para o aumento da resiliência no longo prazo.

A adoção do plantio em contorno, por exemplo, pode reduzir imediatamente o escoamento superficial e a erosão durante as chuvas da safra corrente, caracterizando um efeito de mitigação do impacto. Quando incorporada de forma permanente ao sistema produtivo, a prática contribui para a conservação do solo e da água, além de contribuir para a manutenção da capacidade produtiva ao longo dos anos, assumindo também caráter adaptativo. O mesmo princípio se aplica a práticas como manutenção de cobertura do solo, rotação de culturas, manejo da matéria orgânica, irrigação, drenagem e diversificação produtiva.

A definição do momento de adoção de cada medida deve ser realizada pelo produtor, em conjunto com sua assistência técnica, considerando as características locais, a cultura, o solo, a infraestrutura disponível, a fase de planejamento da safra/ciclo produtivo, as condições meteorológicas observadas e previstas, o Zarc e a capacidade econômica e operacional do empreendimento.

Dessa forma, a classificação temporal apresentada neste documento deve ser entendida como orientativa, indicando a antecedência necessária para que determinada medida possa produzir seus efeitos, e não como uma determinação de que a medida seja exclusivamente de curto ou de longo prazo.

A classificação do horizonte de implementação não deve ser interpretada como indicação de que determinada medida ainda possa ou já não possa ser adotada de forma uniforme em todo o território nacional. Os calendários agrícolas, os estádios produtivos e a capacidade de implementação variam amplamente entre regiões, sistemas e propriedades. Assim, uma mesma medida pode ser executável em poucos dias em determinado empreendimento e demandar semanas, meses ou investimentos prévios em outro. Cabe ao produtor, em conjunto com sua assistência técnica, avaliar sua aplicabilidade considerando a situação concreta do sistema produtivo.

Tabela 1.6. Horizonte de implementação e efeitos de algumas medidas de tratamento de riscos.

Medida	Horizonte predominante para implementação	Efeito inicial sobre o risco	Efeito cumulativo / caráter adaptativo
Plantio em contorno ou em nível	Curto prazo: 1–12 meses	Pode reduzir o escoamento superficial e a erosão já na primeira safra em que for adotado.	A adoção continuada, integrada à cobertura do solo e a outras práticas conservacionistas, contribui para conservação do solo e da água e maior resiliência do sistema.
Manutenção de cobertura do solo e palhada	Médio prazo: 1–3 anos	A cobertura presente na superfície reduz o impacto das gotas de chuva, o escoamento, a evaporação e a exposição do solo.	A manutenção sistemática da cobertura, associada à rotação e ao Sistema Plantio Direto, favorece progressivamente a estrutura, infiltração e conservação de água no solo.
Rotação e diversificação de culturas	Curto prazo: 1–12 meses	Pode ser incorporada ao planejamento do próximo ciclo, reduzindo a concentração de riscos agrônômicos e fitossanitários.	A repetição de rotações adequadas ao longo dos ciclos aumenta a diversidade do sistema e pode melhorar atributos do solo e sua estabilidade produtiva.
Implantação ou ampliação da irrigação	Médio prazo: 1–3 anos	Uma vez instalada e operacional, permite reduzir imediatamente os efeitos de períodos de deficiência hídrica, quando houver disponibilidade de água.	Amplia permanentemente a capacidade do sistema de enfrentar a variabilidade hídrica, desde que haja segurança hídrica e manejo adequado.
Contratação de seguro rural	Curto prazo: 1–12 meses	Transfere parte das consequências financeiras dos riscos cobertos durante o ciclo segurado.	A contratação recorrente integra uma estratégia permanente de proteção financeira e gestão do risco residual.
Escalonamento da semeadura ou do ciclo produtivo	Curto prazo: 1–12 meses	Distribui a exposição das culturas ou criações entre diferentes períodos, reduzindo a concentração do risco em uma única fase.	Quando incorporado ao planejamento recorrente, torna o sistema menos dependente de uma única janela climática.
Seleção de cultivares, raças ou linhagens adaptadas	Curto prazo: 1–12 meses	A escolha pode ser feita antes da implantação do próximo ciclo produtivo, reduzindo a vulnerabilidade aos principais estresses identificados.	A utilização recorrente e a atualização dos materiais empregados permitem ajustar progressivamente o sistema às condições de risco predominantes.
Formação de reserva financeira	Longo prazo: >3 anos	Reservas já existentes podem ser utilizadas imediatamente para absorver perdas e preservar a liquidez do empreendimento.	A formação sistemática de reservas em anos favoráveis aumenta progressivamente a capacidade financeira de absorver perdas futuras e reter conscientemente parte do risco residual.
Ampliação da diversidade genética disponível nos sistemas produtivos	Longo prazo: >3 anos	Quando já existem materiais adaptados disponíveis, sua combinação pode começar no próximo ciclo produtivo.	O desenvolvimento, validação e incorporação continuada de novos materiais ampliam, ao longo dos anos, as alternativas de adaptação e reduzem a vulnerabilidade sistêmica.
Ajuste da densidade de estocagem e da biomassa em sistemas aquícolas	Imediato: até 30 dias	A redução ou redistribuição da biomassa pode diminuir rapidamente a demanda por oxigênio e a vulnerabilidade diante de condições ambientais adversas.	O dimensionamento recorrente da densidade segundo a capacidade de suporte e o risco climático aumenta a segurança do sistema produtivo.
Adequação de diques, vertedouros, drenagem e dispositivos contra fuga na aquicultura	Médio prazo: 1–3 anos	Manutenção, inspeções e ajustes operacionais em estruturas existentes podem reduzir riscos já no curto prazo.	Obras de adequação e dimensionamento estrutural aumentam permanentemente a capacidade de enfrentar chuvas intensas, variações de nível e outros eventos extremos.

1.7. Da resposta a eventos extremos à gestão permanente dos riscos agroclimáticos

Embora este documento tenha sido elaborado no contexto do El Niño 2026/27, os riscos nele tratados são recorrentes e extrapolam um evento específico. Secas, excesso de precipitação, ondas de calor, geadas, tempestades severas e incêndios continuarão impondo desafios aos sistemas produtivos, independentemente da fase do ENOS. Por essa razão, a resposta ao evento atual deve contribuir para a consolidação de uma capacidade permanente de gestão de riscos agroclimáticos.

Uma política madura de gestão de riscos deve permitir que previsões e sinais de aumento do risco acionem mecanismos previamente estruturados de monitoramento, comunicação, assistência técnica, crédito, seguro, contingência e resposta, em vez de exigir sua reconstrução a cada nova emergência.

Nesse sentido, um dos principais legados do GT El Niño 2026/27 pode ser a evolução de uma lógica predominantemente reativa de gestão de crises para uma cultura permanente de antecipação, preparação, tratamento, monitoramento e aprendizagem diante dos riscos climáticos.

Entre as prioridades para a consolidação dessa política permanente de gestão de riscos agroclimáticos, destacam-se:

1. o **fortalecimento dos programas e instrumentos de avaliação de riscos**, ampliando sua cobertura, atualização e capacidade de representar diferentes sistemas produtivos;
2. a **expansão progressiva da cobertura do seguro rural**, apoiada em um plano nacional de metas de médio e longo prazo;
3. o **aperfeiçoamento dos mecanismos de indução à adaptação e à sustentabilidade dos sistemas produtivos** por meio dos instrumentos de política agrícola, especialmente crédito rural, seguro e Proagro, de forma a estimular a adoção de práticas que reduzam exposição e vulnerabilidade;
4. o **monitoramento sistemático da efetividade dessas políticas de indução**, com indicadores capazes de avaliar não apenas sua execução, mas também a redução efetiva dos riscos e perdas; o **aperfeiçoamento contínuo das redes de monitoramento meteorológico e dos sistemas de previsão e prognóstico climático**;
5. o **desenvolvimento de um sistema nacional de monitoramento agrometeorológico**, integrando dados meteorológicos, informações de solo e culturas, sensoriamento remoto, modelos e dados produtivos para acompanhar as condições das lavouras e criações, identificar situações críticas e aprimorar a quantificação dos impactos e das perdas associadas aos eventos climáticos.

2. Eventos meteorológicos adversos (EMAs) mais prováveis em anos de El Niño

Um evento meteorológico adverso (EMA) ocorre quando as condições meteorológicas se afastam dos limites favoráveis ao desenvolvimento e à produção vegetal ou animal, passando a gerar efeitos negativos sobre os sistemas agropecuários. Esses efeitos podem se manifestar de forma direta ou indireta, reduzindo a produtividade e a qualidade da produção, comprometendo o bem-estar e o desempenho dos animais ou provocando danos a bens, infraestruturas e ao ambiente.

Os impactos dos EMAs são posteriormente apresentados, por segmento agropecuário, na Seção 3.

2.1 Atraso do início da estação chuvosa e irregularidade de chuvas

Regiões com maior probabilidade de ocorrência no cenário considerado: Norte, Centro-Oeste, Nordeste (Matopiba) e parte do Sudeste.

A transição entre a estação seca e a estação chuvosa depende da regularização das precipitações e da recuperação progressiva do armazenamento de água no solo. Quando as primeiras chuvas são espaçadas, insuficientes ou interrompidas por novos períodos secos, a precipitação permanece inferior à demanda atmosférica por água por mais tempo e o balanço hídrico continua negativo.

Esse evento caracteriza-se, portanto, não apenas pelo atraso da primeira chuva, mas principalmente pela demora no estabelecimento de um regime pluviométrico suficientemente regular para recompor a umidade do perfil do solo e sustentar os sistemas produtivos.

Sua intensidade pode ser caracterizada pela duração do atraso, pela frequência e extensão dos intervalos secos entre eventos de chuva e pela velocidade de recuperação do armazenamento hídrico do solo.

2.2 Chuvas abaixo da média e déficit hídrico prolongado no decorrer da estação chuvosa

Regiões com maior probabilidade de ocorrência no cenário considerado: Norte, Centro-Oeste, Nordeste (Matopiba) e parte do Sudeste.

Mesmo após o estabelecimento da estação chuvosa, podem ocorrer períodos prolongados com precipitação inferior à climatologia e à demanda evapotranspirativa. Quando esses períodos se

prolongam, o armazenamento de água no solo diminui progressivamente e podem se estabelecer veranicos ou estiagens de intensidade suficiente para produzir déficit hídrico persistente.

A severidade do evento depende da duração e da intensidade da deficiência de precipitação, da demanda atmosférica, da capacidade de armazenamento de água do solo e da disponibilidade de água em rios, reservatórios e aquíferos.

Em situações mais extremas, a deficiência de chuva pode ocorrer simultaneamente a temperaturas elevadas e alta demanda evaporativa, configurando condições de seca quente e ampliando a magnitude da ameaça.

2.3 Temperaturas acima da média e ondas de calor

Regiões com maior probabilidade de ocorrência no cenário considerado: Norte, Centro-Oeste, Nordeste (Matopiba) e Sudeste.

Temperaturas persistentemente acima da média e ondas de calor são caracterizadas por períodos em que as temperaturas máximas e, frequentemente, também as mínimas permanecem elevadas por vários dias consecutivos. Em situações de baixa nebulosidade e baixa umidade relativa do ar, o aquecimento pode ser acompanhado por forte aumento do déficit de pressão de vapor (DPV) e da demanda evapotranspirativa.

A intensidade da ameaça térmica depende da magnitude das temperaturas, da duração do episódio, das temperaturas noturnas, da umidade do ar, da radiação solar e da disponibilidade hídrica.

A combinação de calor intenso, ar seco e vegetação ou material combustível ressecado também favorece condições meteorológicas de maior perigo de incêndios.

2.4 Chuvas acima da média

Regiões com maior probabilidade de ocorrência no cenário considerado: Sul e parte do Sudeste.

Chuvas acima da média correspondem a períodos em que os acumulados de precipitação superam de forma persistente os valores climatológicos esperados para determinada região e época do ano. O evento deve ser distinguido de episódios isolados de chuva intensa: um período pode apresentar precipitação total acima da média em razão da elevada frequência de dias chuvosos, da persistência das chuvas ou da combinação entre frequência elevada e volumes intensos.

Do ponto de vista agrometeorológico, sua severidade depende do volume acumulado, da persistência, da intensidade das precipitações e das condições antecedentes de umidade do solo e dos sistemas de drenagem. Quando a precipitação excede a capacidade de infiltração,

armazenamento e drenagem, aumentam a saturação do solo, o escoamento superficial e a possibilidade de alagamentos e enchentes.

Entretanto, em regiões ou períodos normalmente sujeitos a deficiência hídrica, precipitações acima da média podem representar aumento da disponibilidade de água enquanto permanecerem dentro da capacidade de suporte do sistema.

2.5 Tempestades convectivas severas (granizo, chuvas torrenciais, tornados)

Regiões com maior probabilidade de ocorrência no cenário considerado: Sul e Sudeste.

Tempestades convectivas severas são sistemas de curta duração e elevada intensidade associados à convecção profunda e à forte instabilidade atmosférica, frequentemente organizados em linhas de instabilidade, complexos convectivos ou associados à passagem de frentes e ciclones extratropicais. Podem produzir simultaneamente chuva torrencial, granizo, descargas elétricas e rajadas de vento muito intensas, incluindo microexplosões e, em situações específicas, tornados.

Diferentemente dos eventos caracterizados principalmente por anomalias sazonais, essas tempestades apresentam início abrupto, elevada variabilidade espacial e potencial de severidade concentrado em curto intervalo de tempo.

A ameaça deve ser caracterizada pela intensidade da chuva, tamanho e duração do granizo, velocidade das rajadas, ocorrência de descargas elétricas e extensão da área atingida.

3. Impactos na agropecuária

Os impactos dos eventos meteorológicos adversos caracterizados na Seção 2 sobre a agropecuária não são uniformes. Sua magnitude depende da intensidade e da duração do evento, da fase do ciclo produtivo em que ocorre, da exposição e da vulnerabilidade do sistema de produção, bem como das condições locais de solo, relevo, disponibilidade hídrica, infraestrutura, escala do empreendimento, capacidade de manejo e capacidade adaptativa.

Por essa razão, os efeitos apresentados neste capítulo devem ser interpretados como referências gerais para a identificação de vulnerabilidades setoriais e regionais, e não como respostas determinísticas. Um mesmo evento pode produzir consequências distintas entre culturas, criações, regiões, unidades produtivas e sistemas de produção. A caracterização efetiva do risco deve, portanto, considerar as particularidades de cada situação, incluindo a natureza e a intensidade da ameaça, o grau de exposição, a vulnerabilidade e a capacidade de resposta e adaptação do sistema produtivo.

A análise considera, sempre que pertinente, impactos fisiológicos e produtivos, efeitos sobre a qualidade da produção, riscos fitossanitários e zoossanitários, limitações operacionais, danos à infraestrutura e repercussões econômicas. Devem ser considerados também os efeitos sobre vias de acesso, fornecimento de insumos, operações de manejo, colheita, armazenamento, transporte e escoamento da produção, uma vez que danos à infraestrutura e à logística podem comprometer ou interromper etapas essenciais do processo produtivo. Em determinados sistemas, os eventos adversos também podem aumentar os riscos à segurança dos trabalhadores durante a realização das atividades de campo e a operação de máquinas, equipamentos e estruturas produtivas.

Também são registrados efeitos potencialmente favoráveis quando o evento melhora a disponibilidade de água ou outras condições produtivas, desde que sua intensidade e duração permaneçam dentro dos limites de tolerância do sistema.

A avaliação desses impactos deve, portanto, ser integrada ao processo de gestão de riscos, considerando o contexto específico de cada unidade produtiva e a evolução das condições meteorológicas observadas e previstas.

3.1 Grãos e Algodão (Culturas Anuais)

Neste documento, o segmento de grãos e algodão compreende culturas anuais cultivadas predominantemente em sistemas mecanizados e fortemente dependentes da distribuição das chuvas, da disponibilidade hídrica no solo, das condições térmicas e da ocorrência de janelas adequadas para semeadura, manejo e colheita. Incluem-se, entre outras, soja, milho, feijão, arroz, feijão-caupi, cereais de inverno e algodão.

A magnitude dos impactos dos eventos meteorológicos adversos depende da cultura, do ciclo e da cultivar utilizados, da época de semeadura, do estágio fenológico atingido, das condições de solo, da disponibilidade de irrigação e da capacidade operacional do sistema produtivo.

Particular atenção deve ser dada às fases de estabelecimento, florescimento, formação e enchimento de grãos ou estruturas reprodutivas, bem como à colheita, quando a sensibilidade aos eventos adversos tende a ser maior.

3.1.1. Atraso do início da estação chuvosa e irregularidade nas chuvas

- Redução da área de segunda safra: O atraso na semeadura da cultura principal (soja) desloca a janela de plantio do milho safrinha e do algodão 2ª safra para além do limite do Zarc, expondo-os à seca estacional do outono/inverno no Centro-Oeste, Sudeste e Matopiba.
- Mortalidade de plântulas e escaldadura: A semeadura em solo aquecido e com umidade insuficiente causa embebição parcial das sementes, morte de radículas e escaldadura do colo celular.
- Desuniformidade de emergência: Gera estandes desequilibrados, competição intraespecífica por luz e nutrientes, além de complicar o manejo fitossanitário e a época de aplicação de herbicidas e fungicidas.
- Redução no crescimento vegetativo, resultando em menor área foliar, menos fotossíntese e queda na produtividade de grãos.
- Redução na produtividade: especialmente em semeaduras realizadas antes do estabelecimento da estação chuvosa e com falhas de estande.
- Algodão: O estresse hídrico no estabelecimento afeta o desenvolvimento do sistema radicular pivotante, reduz o índice de área foliar (IAF) e restringe o número de posições reprodutivas funcionais. Nas primeiras 4 semanas após o início da floração, o algodão é extremamente sensível a estresses abióticos.

3.1.2. Chuvas abaixo da média e déficit hídrico prolongado no decorrer da estação chuvosa

- Soja e Milho: O déficit hídrico nos estádios reprodutivos críticos — florescimento (R1-R2), formação de vagens/espigas e na fase de enchimento de grãos (R3 a R5) — provoca

abortamento floral expressivo, menor número de vagens e de grãos por vagem e de fileiras e de grãos por espiga, além de redução drástica do Peso de Mil Sementes (PMS).

- Algodão: Interfere negativamente no crescimento e desenvolvimento do algodoeiro. Ocorre o abortamento prematuro de estruturas reprodutivas (maçãs e capulhos em posições 1 e 2), encurtamento do comprimento de fibra (afetando o valor HVI) e redução do índice de área foliar (IAF) e da produtividade.
- Repercussões operacionais e econômicas: A quebra de produtividade na cultura principal desestrutura o fluxo de caixa do produtor e compromete significativamente o planejamento e investimento da 2ª safra.
- Feijão-caupi: Se o déficit hídrico ocorrer durante o florescimento e o enchimento de grãos, o impacto é maior, levando ao abortamento de flores, redução no tamanho dos grãos e das vagens, proporcionando queda drástica na produtividade de grãos.
- Sistemas irrigados: A redução prolongada das chuvas pode diminuir a recarga e a disponibilidade de água em rios, reservatórios e aquíferos utilizados na irrigação. Em períodos críticos, a menor disponibilidade hídrica pode limitar a lâmina aplicada, reduzir a capacidade operacional dos sistemas e elevar os custos de bombeamento e manejo da irrigação.

3.1.3. Temperaturas acima da média e ondas de calor

- Quando as temperaturas ultrapassam os limites térmicos das culturas, podem ocorrer distúrbios fisiológicos, como redução da atividade enzimática, danos oxidativos e comprometimento do crescimento e da reprodução.
- Redução da viabilidade polínica e abortamento: Temperaturas elevadas durante a antese (florescimento da soja, milho e feijão) esterilizam o pólen e desidratam a seda/estigma, provocando abortamento expressivo de flores e falhas severas no granamento de espigas e vagens.
- Encurtamento do ciclo e enchimento incompleto de grãos: O estresse térmico acelera o desenvolvimento fenológico (acúmulo de graus-dia), encurtando a fase de enchimento de grãos (R5). O resultado é a colheita de grãos esverdeados, pequenos e com baixo Peso de Mil Sementes (PMS).
- Algodão: Temperaturas extremas causam a derrama (queda) de estruturas reprodutivas (maçãs e capulhos em formação) e alteram a maturação da fibra, prejudicando o índice micronaire e o comprimento da fibra.
- O calor excessivo durante a germinação e a emergência pode aumentar a mortalidade de plântulas, resultando em falhas de emergência e redução do estande.
- Feijão-caupi: Temperaturas muito elevadas (Ex.: acima 36 °C) reduzem a taxa fotossintética, provocam abortamento de flores e prejudicam a viabilidade do pólen, resultando em menor fixação de vagens.

3.1.4. Chuvas acima da média

Impactos Positivos:

- Recarga plena dos aquíferos e do armazenamento no perfil do solo (0-200 cm), garantindo reservas de água essenciais para o estabelecimento da segunda safra (*safrinha*) em regiões de transição.
- Reposição das reservas hídricas superficiais, em açudes e outros reservatórios, possibilitando uso da água para dessedentação humana, animal e para realização de irrigação de salvação, principalmente em áreas de agropecuária em menor escala e familiar.
- Redução do risco de estresse hídrico no florescimento nas áreas de sequeiro com solo bem drenado.

Impactos Negativos:

- Germinação e emergência: Acometimento por "tombamento de plantas" (Damping-off por *Pythium* e *Rhizoctonia*) e podridão de sementes por anoxia no solo.
- Lavouras em enchimento e maturação: Germinação de grãos na espiga/vagem em culturas como trigo e soja; abertura desuniforme dos capulhos de algodão, apodrecimento de maçãs, especialmente as do terço inferior das plantas, que são aquelas de maior peso, e perda drástica da qualidade visual e comercial da fibra (amarelamento e contaminação por impurezas).
- Manejo fitossanitário e operações de campo: Impossibilidade de entrada de pulverizadores para controle de giberela em trigo, ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) na soja e mancha-alvo no algodão; inviabilidade da colheita mecanizada, levando ao acamamento e à perda de grãos por deiscência de vagens.
- No algodão, dificuldades no manejo de contenção do crescimento das plantas, o que poderá contribuir para o crescimento exagerado das mesmas, levando a maior apodrecimento dos frutos e impurezas na colheita.
- Chuvas por ocasião da colheita podem provocar apodrecimento de vagens, manchas nos grãos, perda de vigor e redução do valor comercial dos grãos.

Impactos Negativos nas culturas de inverno no Sul:

- Perda de qualidade: aumento de grãos ardidos, mofados ou germinados: A manutenção de alta umidade em grãos maduros acelera os processos de deterioração e oxidação dos tecidos do endosperma, resultando em elevados índices de grãos ardidos, germinados e chochos na recepção das moagens e cooperativas. No trigo, a umidade ativa a enzima alfa-amilase no grão, degradando o amido e causando baixo número de queda (Falling Number). O trigo perde sua aptidão para panificação, sendo rebaixado para uso em ração animal com deságio comercial.

- Aumento da pressão de doenças fúngicas: Ambiente térmico e hídrico ideal para a ocorrência epidêmica da Giberela (*Fusarium graminearum*) e da Brusone (*Pyricularia oryzae*) na espiga.
- Contaminação por micotoxinas (deoxinivalenol): O ataque severo de *Fusarium* resulta no acúmulo de micotoxinas nos grãos em níveis superiores aos limites máximos tolerados pela vigilância sanitária, inviabilizando o lote para consumo humano e exigindo rígidos descartes ou penalizações na comercialização;
- Dificuldades operacionais e perdas de colheita: a saturação hídrica dos solos (especialmente em Neossolos e Latossolos de alta fração argilosa) impede o tráfego de colhedoras e tratores, provocando atolamentos, compactação severa do solo e atraso forçado da colheita.

3.1.5. Tempestades convectivas severas

- Granizo e ventos intensos:
 - Soja e Milho: Decapitação de plântulas no estabelecimento; desfolhamento severo na fase vegetativa; quebra do colmo/haste principal (acamamento irreversível); e destruição mecânica de flores, vagens e espigas no período reprodutivo.
 - Algodão: Destruição das maçãs e capulhos; contaminação da fibra por terra e lama levada pelo vento/chuva; e queda de estruturas reprodutivas com perda irreparável do índice micronaire e qualidade HVI.
- Chuvas torrenciais e microexplosões:
 - Arraste mecânico de solos, sementes e adubo em lavouras recém-semeadas; formação de crostas superficiais no solo (selamento capilar); e destruição de pivôs centrais e silos de armazenamento por tombamento de estruturas.

3.2. Fruticultura

Neste documento, a fruticultura compreende espécies perenes e semiperenes cultivadas em diferentes regiões e sistemas de produção, incluindo fruteiras tropicais, subtropicais e de clima temperado.

Os impactos dos eventos meteorológicos adversos dependem da espécie, cultivar ou porta-enxerto, fase fenológica, idade e condição do pomar, sistema de produção e disponibilidade de irrigação.

A exposição climática assume particular importância nas fases de brotação, florescimento, polinização, pegamento dos frutos, crescimento e maturação dos frutos.

Por se tratar, em muitos casos, de cultivos permanentes, eventos adversos severos podem afetar não apenas a produção da safra corrente, mas também a estrutura das plantas, a formação de reservas, a diferenciação de gemas e o potencial produtivo dos ciclos subsequentes.

3.2.1. Atraso do início da estação chuvosa e irregularidade nas chuvas

- Abortamento floral e de frutos recém-vingados: A irregularidade de chuvas induz floradas desuniformes ou "em ondas". O estresse hídrico subsequente à florada provoca o abortamento de flores e a queda expressiva de frutos recém-vingados (chumbinhos).
- Restrição da expansão celular: Na ausência de água no solo durante a fase de crescimento, ocorre redução irreversível no diâmetro final dos frutos, desvalorizando a produção para o mercado in natura.
- Superação irregular da dormência: Em frutíferas de clima temperado/subtropical (maçã, uva, pêssigo), a oscilação entre estresse hídrico/térmico e precipitação pontual desorganiza o metabolismo hormonal e a brotação.
- Janela de plantio e indução floral alteradas: Períodos prolongados de seca comprometem o desenvolvimento das plantas e podem atrasar as práticas de indução floral do abacaxi no início do período chuvoso. A baixa umidade do solo também dificulta a mecanização e o preparo das áreas para novos plantios.
- Em pomáceas, o déficit hídrico no período de divisão celular dos frutos (outubro/novembro), diminui seu potencial de crescimento e após essa fase pode provocar redução na velocidade de crescimento dos frutos dada pelo aumento do tamanho das células, impactando a produção e a rentabilidade, seja pelo menor tamanho dos frutos na colheita e/ou redução da produtividade do pomar.
- Em frutíferas irrigadas em regiões tropicais, a irregularidade das chuvas e a possibilidade de ocorrência de chuvas intensas em fases fenológicas sensíveis, por exemplo, na floração da mangueira, meloeiro e videira, podem resultar em grandes perdas produtivas; além de que, chuvas na maturação, podem ocasionar rachaduras e apodrecimento da videira e meloeiro, e redução da qualidade das frutas em geral.

3.2.2. Chuvas abaixo da média e déficit hídrico prolongado no decorrer da estação chuvosa

- O déficit hídrico prolongado durante a fase de frutificação causa queda intensa de frutos jovens, formação de frutos de pequeno calibre (fora do padrão comercial) e queimadura por radiação (*sunburn*).
- Aumento dos riscos após o plantio do abacaxi, principalmente em regiões mais secas, como o semiárido, onde a falta de água pode comprometer o estabelecimento, o crescimento e a formação adequada das plantas para a indução floral.
- Aumento da incidência de pragas e doenças em plantas mais suscetíveis: mal do Panamá em bananeira (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*).
- Pomares de frutíferas cultivados em condições de sequeiro, geralmente em regiões de clima úmido ou subúmido, como o mamoeiro, bananeira, cacau, são particularmente vulneráveis ao déficit hídrico devido à elevada demanda por água e sensibilidade. Nessas condições, a ocorrência de déficit hídrico coincide com fases críticas do ciclo produtivo e aumenta os riscos de quebra de produtividade.
- Uva, frutas de caroço e pomáceas: Ocorre desequilíbrio na relação sólidos solúveis/acidez (°Brix), paralisação do crescimento vegetativo e senescência foliar precoce, o que reduz as reservas de carboidratos nas raízes para a safra subsequente.
- Frutas vermelhas (morango, framboesa, amora-preta e o mirtilo): O déficit hídrico afeta negativamente o desenvolvimento dos frutos, resultando em perda de turgor. Isso ocorre porque a falta de água reduz tanto a divisão quanto a expansão celular, gerando frutos de menor calibre (menores e mais leves). Em períodos de seca, que geralmente são acompanhados de baixa umidade relativa do ar e alta radiação solar, o problema de queimaduras das frutas e plantas pelo sol é significativamente acentuado. O estresse hídrico enfraquece a planta, tornando-a mais suscetível ao aparecimento de distúrbios fisiológicos e biológicos, facilitando a infestação por pragas e doenças.
- Em áreas de frutíferas irrigadas, chuvas abaixo da média podem reduzir a disponibilidade de água dos reservatórios e do lençol freático, que em longo prazo, podem comprometer o manejo de irrigação que depende da recarga de água em poços e açudes, além da água conduzida em canais de irrigação.

3.2.3. Temperaturas acima da média e ondas de calor

- Escaldadura de frutos (*sunburn*): A radiação solar direta aliada ao calor extremo causa necrose no epicarpo de frutos (Exemplo: manga, maçã, melão, melancia, abacaxi e uva), provocando manchas escuras, depreciação comercial e entrada de patógenos oportunistas.
- Abortamento reprodutivo e abscisão: Picos térmicos acima de 34 °C na florada causam a "chocagem" das flores e abortamento de frutos recém-vingados (chumbinhos), além de murchamento permanente dos ponteiros. No maracujazeiro, a combinação de baixa umidade

relativa do ar e temperaturas elevadas pode causar o abortamento total das flores, comprometendo a frutificação e resultando em períodos sem produção.

- Anomalia floral em frutos de mamoeiro, resultando em deformações conhecidas popularmente como "cara-de-gato", que perdem o valor comercial.
- Danos ao aparato fotossintético: Quedas de produção em plantios de bananeira. Períodos de picos térmicos, baixa umidade do ar, o excesso de radiação solar pode superaquecer as folhas. Quando a planta não consegue dissipar o excesso de energia por meio da transpiração e dos mecanismos fotoprotetores, ocorre redução da fotossíntese e aumento do estresse fotooxidativo, podendo causar, em situações severas, clorose, necrose e queimaduras nas folhas.
- Desequilíbrio de maturação (°Brix/acidez): Em citros e uvas, o calor acelera a degradação dos ácidos orgânicos sem o acúmulo proporcional de açúcares, desequilibrando a relação e reduzindo a qualidade industrial e para consumo in natura.
- Temperaturas acima da média prejudicam as fruteiras de clima temperado que necessitam acumular frio para superação da dormência. Como resultado, as plantas não entram em dormência, apresentam menor acúmulo de carboidratos para a brotação, apresentam brotação e florescimento desuniformes.
- Para espécies de polinização cruzada como macieira, pereira, algumas cultivares de ameixeira, a oscilação da temperatura tende a causar menor sincronização de floração entre as cultivares polinizadoras e produtoras de frutos. As altas temperaturas durante o período de pré-floração e floração também podem ocasionar abortamento de flores.

3.2.4. Chuvas acima da média

Impactos Negativos:

- Qualidade física e comercial: Rachadura térmica/hídrica de frutos (cracking) em frutos como de videira, manga e melão devido à absorção desmedida de água e turgor celular excessivo. Após um período de déficit hídrico, a ocorrência de chuvas acima da média também causa rachadura de frutos de macieira e nectarineira, em pré-colheita, resultando em perda de qualidade e valor do produto.
- Aumento da pressão fitossanitária: Alta incidência de podridão-flor/mormo do cafeeiro (*Colletotrichum*), podridão-floral, queda prematura ou estrelinha dos citros (*Colletotrichum gloeosporioides*), míldio e podridão-cinzenta (*Botrytis cinerea*) na uva, fusariose do abacaxizeiro (*Fusarium subglutinans*), sigatoka-amarela (*Mycosphaerella musicola*) e a sigatoka-negra (*Mycosphaerella fijiensis*) da bananeira, pinta-preta (ou varíola) do mamoeiro (*Asperisporium caricae*); podridões do mamoeiro (*Phytophthora*), Antracnose em frutos de mamoeiro (*Colletotrichum gloeosporioides*), Mal do Panamá da bananeira (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*), sarna na macieira (*Venturia inaequalis*), Glomerella (*Colletotrichum* spp.), cancro europeu (*Neonectria ditissima*), podridão carpelar (vários patógenos) e podridões de pós-colheita como

podridão-olho-de-boi (*Neofabraea* spp.), mofo azul (*Penicillium expansum*), mofo-cinza (*Botrytis cinerea*), entomosporiose na pereira (*Diplocarpon mespili*), podridão parda (*Monilinia fructicola*) em pessegueiro e nectarineira.

- Lixiviação de nutrientes e abscisão: Lixiviação de adubações de cobertura e queda prematura de frutos jovens por asfixia radicular e estresse metabólico.
- Excesso de água, pouca aeração do solo, problema muito importante para frutíferas. Limita severamente o crescimento de plantas como é o caso do abacaxi e deixam a cultura do mamão muito suscetível a doenças radiculares.
- Danos ao pólen redução da polinização: O contato direto da água da chuva com as flores de maracujazeiro pode provocar a ruptura e reduzir a viabilidade dos grãos de pólen. Dias chuvosos ou com neblina intensa reduzem a atividade das abelhas, principais responsáveis pela polinização, comprometendo o transporte do pólen entre as flores.
- Em pomáceas, o excesso de chuvas durante o período de floração reduz a atividade das abelhas como polinizadoras, uma vez que a macieira e a pereira são espécies que necessitam de polinização cruzada. Assim, a baixa atividade das polinizadoras nos pomares em função de períodos de chuva e vento, reduz a frutificação efetiva e, conseqüentemente, a produção. O mesmo ocorre com algumas cultivares de ameixeira que necessitam polinização cruzada.
- O excesso de chuvas, além de aumentar o risco fitossanitário, dificulta a execução de tratamentos fitossanitários preventivos e curativos, que são fundamentais para o controle de doenças, como a sarna da macieira. Um período de chuva, mesmo que curto, pode impedir o tratamento preventivo da doença e facilitar o estabelecimento do inóculo no pomar, resultando em maior incidência da doença em folhas e frutos, reduzindo qualidade dos frutos e produção.
- O excesso de água nos pomares favorece a ocorrência de doenças radiculares em várias espécies frutíferas, e pode provocar mortalidade de plantas, especialmente naquelas que têm baixa tolerância ao acúmulo de água no solo.

Impactos Positivos:

- Estímulo ao crescimento vegetativo e expansão da área foliar para o ciclo seguinte ou permitindo o adequado vigor de plantas para adoção de práticas, como a indução floral do abacaxizeiro.
- Incremento do calibre e volume de suco em espécies que suportam alta umidade sem rompimento de casca (ex.: maracujá).
- Antecipação do período de floração, reduzindo os riscos de queda de frutos pelo excesso de calor e baixa umidade relativa do ar.

- Condição favorável para o estabelecimento das plantas em plantio de novos pomares (espécies de clima temperado), uma vez que a maioria dos pomares não utiliza irrigação.
- Importante para manutenção dos mananciais de água em níveis que possibilitem sua utilização nas atividades frutícolas.

3.2.5. Tempestades convectivas severas

Danos diretos aos frutos e ao dossel:

- O impacto de granizo provoca lacerações profundas no epicarpo de frutos (Ex: maçã, uva, manga, abacaxi e pêssgo), inviabilizando-os para o mercado *in natura* e rebaixando a produção para processamento industrial com elevado deságio.
- Abertura de ferimentos que propiciam a entrada de patógenos fúngicos e bacterianos oportunistas (*Botrytis cinerea*, *Colletotrichum spp.*, *Penicillium spp.* e *Xanthomonas*, *Neonectria ditissima*).
- Perdas expressivas de mudas de espécies frutíferas, se as tempestades convectivas ocorrerem em áreas de viveiros, especialmente em viveiros sem estruturas adequadas de proteção contra granizo.
- Na videira produzida em condições tropicais e irrigada, a ocorrência de chuvas intensas na época de maturação e colheita provoca rachaduras e apodrecimento das bagas, com elevadas perdas da produção; além de dificultar o controle de doenças, que prejudicam o desenvolvimento foliar e o acúmulo de reservas nos ramos para a safra seguinte.

Danos estruturais e efeitos sobre safras subsequentes:

- Arrancamento e quebra de flores e ramos produtivos, necessidade de podas, afetando a diferenciação de gemas e comprometendo a produtividade das safras subsequentes.
- Colapso de sistemas de condução (latadas e espaldeiras na viticultura e na pomologia) e queda expressiva de frutos por ventos de microexplosões.
- Danos às estruturas de packing-house que são utilizadas para classificação, embalagem e armazenamento dos frutos.

3.3. Silvicultura

Neste contexto, a **silvicultura** compreende sistemas de produção florestal destinados principalmente à produção de madeira e outros produtos florestais, desde a implantação das mudas até a fase de crescimento, manejo e colheita.

A resposta aos eventos meteorológicos adversos depende da espécie e do material genético utilizado, da idade do povoamento, das características do solo e do relevo, da disponibilidade hídrica e das condições de manejo.

Os principais impactos podem ocorrer sobre o estabelecimento das mudas, o crescimento e o acúmulo de biomassa, a sanidade das árvores, a estabilidade física dos povoamentos e a qualidade da madeira.

Secas, ondas de calor e ventos intensos também podem aumentar a ocorrência de mortalidade, quebra ou tombamento de árvores e ampliar o risco de incêndios florestais.

3.3.1. Atraso do início da estação chuvosa e irregularidade nas chuvas

- Mortalidade de mudas no estabelecimento: O pegamento de mudas no campo exige umidade constante na camada superficial (0 a 20 cm). O déficit inicial paralisa o enraizamento podendo levar à morte de mudas, exigindo replantio ostensivo e elevando o custo operacional por hectare. Alternativamente, também é possível lançar mão de irrigação, porém com aumento do custo operacional.
- Redução do Incremento Médio Anual (IMA): O estresse hídrico severo força o fechamento estomático contínuo, paralisando a fotossíntese e reduzindo o acúmulo de biomassa lenhosa ($\text{m}^3/\text{ha}/\text{ano}$).
- O estresse hídrico severo reduz o vigor das árvores e pode aumentar sua suscetibilidade a doenças e ao ataque de pragas.
- Risco de Incêndio Florestal Prolongado: O atraso nas chuvas estende a janela crítica de queimadas, acumulando serapilheira seca e aumentando o risco de incêndios florestais de alta intensidade.

3.3.2. Chuvas abaixo da média e déficit hídrico prolongado no decorrer da estação chuvosa

- Cavitação do xilema, seca de ponteiros e mortalidade: Sob estresse hídrico severo no período de maior crescimento, a alta tensão na coluna de água causa cavitação no xilema, levando à morte do topo (dieback) e mortalidade de plantas em reboleiras.
- Perda de Incremento Médio Anual (IMA): Ocorre desaceleração no acúmulo de biomassa lenhosa ($\text{m}^3/\text{ha}/\text{ano}$) e aumento da suscetibilidade a pragas secundárias (ex.: besouro-do-eucalipto, psilídeos, brocas e cupins de cerne).

3.3.3. Temperaturas acima da média e ondas de calor

- Pode comprometer a produtividade de materiais genéticos adaptados às condições climáticas historicamente predominantes na região.
- Cavitação do xilema e seca de ponteiros (dieback): A evapotranspiração extrema gera alta tensão na coluna hídrica. Isso pode provocar a formação de bolhas de ar nos vasos condutores (cavitação), da seiva bruta, resultando na morte das árvores, com início pelo secamento do topo das árvores (dieback) e na mortalidade em reboleiras.
- Danos em mudas no campo: O calor superficial do solo (por exemplo, em algumas situações superando os 45 °C) causa o "anelamento térmico" do colo de mudas recém-plantadas de eucalipto, paralisando o enraizamento, e permitindo a entrada de patógenos e desenvolvimento de doenças.
- Elevação acentuada do risco de incêndios florestais: A combinação de ar extremamente seco e calor crítico transforma a serapilheira em combustível de alta inflamabilidade, elevando o risco de incêndios florestais de grande escala. Fragmentos florestais adjacentes aos sistemas produtivos, degradados por incêndios anteriores ou em processo de recuperação, demandam atenção quanto a novas ocorrências, pela presença de outros materiais combustíveis como árvores mortas, e a colonização das clareiras por espécies pioneiras e gramíneas de elevada inflamabilidade (exemplo, capim-gordura).
- Diminuição da produção de sementes. O aumento de temperatura altera a fenologia das árvores, resultando em períodos de florescimento diferentes do convencional e dificultando a sincronia de polinização entre flores macho e fêmea na mesma árvore ou em árvores distintas. O florescimento pode também ser antecipado e coincidir com o período de maior risco de eventos extremos, como a geada ou o excesso de chuvas, causando o abortamento floral.
- O aumento da temperatura do ar pode acelerar o desenvolvimento de determinadas pragas, encurtar seus ciclos e aumentar o número de gerações, além de favorecer mudanças em sua distribuição geográfica.

3.3.4. Chuvas acima da média

- Impactos Negativos:
 - Sanidade Florestal: Surtos de manchas foliares severas (*Cylindrocladium*, *Mycosphaerella*), podridão radicular (*Phytophthora*) em áreas baixas, ferrugem (*Austropuccinia psidii*) e cancro (*Chrysosporthe cubensis*) no eucalipto.
 - Erosão e Operações: Atolamento de maquinário pesado na colheita e baldeio de madeira; erosão de estradas vicinais e nos carreiros de arraste; risco de queda de árvores (windthrow) por instabilidade do solo encharcado.
 - Operações mecanizadas realizadas com solo em condições inadequadas gerando compactação do solo e posteriormente perda da capacidade de drenagem de água pela redução de macroporos.

- Aumento da competição com plantas daninhas que se beneficiam com crescimento acelerado pelas condições de elevada umidade.
- Impactos Positivos:
 - Melhores condições de épocas de plantio para garantir um bom pegamento e arranque de mudas no estabelecimento das plantações florestais.
 - Pode favorecer a atividade fotossintética e o crescimento quando a maior disponibilidade hídrica elimina uma limitação pré-existente sem produzir encharcamento, redução excessiva da radiação ou outros efeitos adversos (elevação da taxa do Incremento Médio Anual (IMA em m³/ha/ano).
 - Redução do risco de incêndios florestais e rápida pega/pegamento de mudas recém-plantadas em áreas bem drenadas.

3.3.5. Tempestades convectivas severas

- Danos por ventos extremos:
 - Micro explosões e tornados causam a quebra do topo das árvores, o tombamento em reboleiras e o arrancamento de raízes em grandes maciços florestais.
 - Ventos fortes e raios favorecem o alastramento de incêndios florestais, tornando mais difícil seu controle.
 - Tombamento de árvores em plantios florestais aumenta o risco de acidentes de trabalho.
 - Eventos extremos relacionados ao vento favorecem a disseminação de pragas e doenças, pois os danos mecânicos podem criar aberturas de entrada para determinados patógenos.
 - Aumento do custo da colheita antecipada pela presença de danos por vento como torções e quebras e redução da produtividade.
- Sanidade e qualidade da madeira:
 - O desfolhamento por granizo reduz a área fotossintética e afeta o Incremento Médio Anual (IMA em m³/ha/ano).
 - Ferimentos na casca provocados por pedras de gelo facilitam a infecção por fungos causadores de cancrios e podridões, depreciando a madeira para celulose e serraria.

3.4. Olericultura (folhosas, frutos e tubérculos)

Neste documento, a **olericultura** compreende a produção de hortaliças folhosas, hortaliças de frutos, raízes e tubérculos, cultivadas tanto em condições de campo aberto quanto em sistemas irrigados ou de cultivo protegido.

Esses sistemas apresentam elevada sensibilidade às variações de temperatura, disponibilidade de água, umidade do solo e do ar e intensidade das chuvas, em razão dos ciclos geralmente curtos, do alto teor de água dos tecidos e das exigências de qualidade visual e comercial dos produtos.

A magnitude dos impactos depende da espécie, da fase de desenvolvimento, do sistema de cultivo, da disponibilidade e capacidade da irrigação e do nível de proteção das estruturas.

Eventos adversos podem provocar rapidamente perdas de estande, distúrbios fisiológicos, redução da qualidade, aumento da pressão de pragas e doenças e danos diretos às plantas e à infraestrutura de produção.

3.4.1. Atraso do início da estação chuvosa e irregularidade nas chuvas

- Distúrbios fisiológicos associados ao estresse térmico e hídrico: Hortaliças folhosas (alface, couve) sofrem com o tip burn (queimadura das bordas por deficiência induzida de cálcio), enquanto Solanáceas (tomate, pimentão) apresentam alta incidência de podridão apical (fundo preto).
- Aumento do custo de irrigação: A dependência total de irrigação suplementar em períodos de alta evapotranspiração eleva significativamente o consumo de energia elétrica e o desgaste de equipamentos.
- Aumento da pressão de pragas sugadoras: O clima quente e seco favorece o ciclo biológico de ácaros, pulgões, trips e mosca-branca, que atuam como vetores de viroses e exigem aplicações frequentes de defensivos.
- Estresse fisiológico associado ao elevado déficit de pressão de vapor (DPV): Mesmo com a lâmina de irrigação aplicada no bulbo/faixa molhada, a elevada demanda atmosférica pode superar a capacidade da planta de repor a água perdida. Ocorre o fechamento estomático defensivo, murchamento fisiológico nas horas quentes e paralisia do crescimento. A combinação de solo seco no entorno, alta radiação solar e ar aquecido eleva o DPV atmosférico.

3.4.2. Chuvas abaixo da média e déficit hídrico prolongado no decorrer da estação chuvosa

- Solanáceas e Cucurbitáceas (Tomate, Pimentão, Melancia): A interrupção do fluxo transpiratório pode limitar a distribuição de cálcio via xilema, deflagrando necrose apical (podridão estilar/fundo preto), além do abortamento de flores e má formação de frutos.
- Folhosas (Alface, Rúcula): O estresse hídrico e térmico combinado induz o pendoamento precoce (florescimento prematuro), tornando as folhas amargas, rígidas e impróprias para comercialização, além de causar queimadura das margens foliares (tip burn).
- Limitação da capacidade de irrigação diante de elevada demanda evapotranspirativa: Durante um veranico severo em plena estação chuvosa, a ETo pode atingir picos extremos (por exemplo, acima de 8mm/dia), em condições de advecção e evapotranspiração de oásis. Sistemas de irrigação dimensionados para dar suporte suplementar às chuvas da estação não conseguem entregar a lâmina diária necessária no tempo útil de rega, criando um déficit hídrico induzido por incapacidade de vazão do sistema.
- A baixa recarga dos mananciais pode restringir a disponibilidade de água para irrigação, afetando o planejamento dos plantios, a área cultivada e o desenvolvimento das plantas, com consequente redução da produção.

3.4.3. Temperaturas acima da média e ondas de calor

- Olericultura de Sequeiro:
 - Em condições extremas, podem ocorrer colapso celular, murchamento irreversível e elevada mortalidade do estande.
 - Perda de flores afetando a produtividade e qualidade dos frutos.
- Olericultura Irrigada:
 - Deficiência induzida de cálcio (Ca^{2+}): Mesmo com água no solo, o fechamento estomático pelo alto DPV paralisa a corrente transpiratória, reduzindo a distribuição de Cálcio até os meristemas. Isso deflagra a necrose apical (podridão estilar/fundo preto) em tomate e pimentão, e tip burn em alface.
 - Indução de pendoamento precoce (*bolting*) em folhosas (alface, rúcula etc), tornando as plantas amargas, fibrosas e sem valor comercial.
 - Abortamento floral e escaldadura: Abortamento floral em solanáceas e cucurbitáceas; cozimento interno e rachaduras térmicas em frutos irrigados por aspersão nas horas quentes.
 - Em hortaliças de raiz e tubérculos, como a batata-baroa (*Arracacia xanthorrhiza*) ou como batata salsa, temperaturas acima da média causam danos severos tanto no crescimento da planta como na produção, podendo chegar a perdas de 100%.

3.4.4. Chuvas acima da média

- Olericultura de Sequeiro:
 - Impacto potencialmente severo: Perda quase total de hortaliças folhosas (alface, rúcula) por danos mecânicos de gotas densas, melamento e podridão bacteriana (*Pectobacterium* / *Erwinia*).
 - Destruição de canteiros por erosão sulcar e amarelamento generalizado de Solanáceas por lixiviação de Nitrogênio e anoxia.
- Olericultura Irrigada:
 - Desafios Operacionais e Sanitários: Mesmo com infraestrutura de rega, o excesso de chuva invalida o manejo de fertirrigação por saturação do solo, dilui tratamentos foliares e favorece a requeima (*Phytophthora infestans*) no tomate e na batata.
 - Aumento de doenças fúngicas, de forma geral, afetando a qualidade do produto e aumentando os custos de produção.
 - Impacto Positivo em Ambas: redução temporária da necessidade de irrigação e, consequentemente, do consumo de energia.

3.4.5. Tempestades convectivas severas

- Olericultura de Sequeiro:
 - Danos severos à biomassa: Perda de até 100% de hortaliças folhosas (alface, rúcula, espinafre) por perfuração e dilaceração foliar mecânica em poucos minutos de granizo ou chuva torrencial; destruição física de canteiros por erosão hídrica.
- Olericultura Irrigada:
 - Danos à infraestrutura de cultivo protegido: Rasgamento de filmes plásticos e telas anti-inseto/sombreamento em estufas e estufins; retorcimento e colapso de estruturas metálicas ou de madeira por rajadas de vento extremo.
 - Quebra de emissores de irrigação (aspersores e gotejadores) por impacto direto de granizo e acúmulo de terra trazida por enxurradas.
 - As hortaliças são particularmente vulneráveis a danos mecânicos, sobretudo quando cultivadas a campo aberto.

3.5. Pastagens e pecuária

Neste documento, o segmento de **pastagens e pecuária** compreende os sistemas de produção animal dependentes direta ou indiretamente das condições climáticas para a produção de forragem, disponibilidade de água, conforto térmico e manutenção das condições sanitárias e operacionais.

Os impactos dos eventos meteorológicos adversos dependem da espécie e categoria animal, do sistema de produção, da disponibilidade e qualidade das pastagens, do planejamento alimentar, da oferta de água, das condições de instalações e da capacidade de suplementação e manejo.

Os eventos climáticos podem afetar simultaneamente a produção e a qualidade da forragem, o consumo e o desempenho dos animais, a reprodução, a saúde e o bem-estar, além de comprometer instalações, acessos e operações de manejo.

3.5.1. Atraso do início da estação chuvosa e irregularidade nas chuvas

- Redução do desempenho e da produtividade animal: o atraso no início da estação chuvosa compromete o planejamento alimentar da propriedade e, conseqüentemente, aumenta o risco de falta de forragem. A restrição alimentar reduz o desempenho dos animais (menor ganho de peso ou produção de leite, perda de peso, redução dos índices reprodutivos etc.) e, em casos extremos, compromete a saúde dos animais.
- Aumento do risco de degradação das pastagens: o atraso no início da estação chuvosa compromete o planejamento alimentar da propriedade e aumenta o risco de superpastejo no início das águas. As plantas são desfolhadas de forma frequente e intensa, sem que haja oportunidade para que recupere suas reservas, aumentando o risco de degradação da pastagem.
- Diarreia do broto: Distúrbio digestivo que pode ocorrer no início das chuvas, associado ao consumo intenso de brotações jovens, com alta umidade e proteína solúvel. Pode causar fezes aquosas, perda de peso e maior impacto em animais jovens. O atraso das chuvas pode aumentar o risco ao concentrar os animais em áreas com grande oferta de brotos novos.
- Perdas de eficiência da adubação: após aplicação superficial de ureia, ausência de chuva suficiente para incorporação pode aumentar volatilização; chuvas intensas podem aumentar perdas por escoamento/lixiviação conforme solo e forma de aplicação.
- Em muitas regiões pecuárias do Brasil, a concentração das parições coincide com o retorno das chuvas. Caso a oferta de forragem seja insuficiente, a restrição nutricional pode limitar a produção de leite da matriz, prejudicar o desenvolvimento inicial do bezerro e reduzir sua resistência aos desafios sanitários. A perda de escore de condição corporal da matriz também pode comprometer o ciclo reprodutivo subsequente.

- No caso de forragem seca acumulada, há risco de incêndio nas pastagens, com risco de atingir áreas de remanescentes florestais e prejuízo na infraestrutura da fazenda (cochos, cercas, instalações, etc.).

3.5.2. Chuvas abaixo da média e déficit hídrico prolongado no decorrer da estação chuvosa

- Redução da taxa de crescimento e acúmulo de forragem: A taxa de crescimento e o acúmulo de biomassa nas pastagens estão diretamente relacionados à disponibilidade de água e temperatura. A ocorrência de chuvas abaixo da média e de déficit hídrico prolongado reduz a taxa de acúmulo de forragem, a capacidade de suporte e a produtividade das pastagens.
- Redução do valor nutritivo e da digestibilidade: Acelera-se a lignificação do colmo e a senescência foliar, reduzindo o teor de Proteína Bruta (PB) e a digestibilidade da forragem, o que induz a perda de peso do rebanho.
- Redução da disponibilidade e da qualidade da água: O déficit hídrico prolongado pode reduzir a oferta de água para dessedentação, higiene, resfriamento, manejo de dejetos e produção de alimentos. A restrição hídrica, combinada à menor disponibilidade de forragem, pode ampliar as perdas de desempenho, condição corporal e eficiência reprodutiva dos animais.

3.5.3. Temperaturas acima da média e ondas de calor

- Forrageiras (Pastagens):
 - Paralisação do crescimento foliar (até mesmo gramíneas C4 reduzem a taxa de fotossíntese quando as temperaturas superam 38 a 40 °C).
 - Aceleração da lignificação da parede celular, reduzindo significativamente a digestibilidade e o teor de Proteína Bruta (PB) da forragem.
- Pecuária — estresse térmico animal:
 - O aumento da temperatura e da umidade do ar pode elevar o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) a níveis associados ao estresse térmico, com redução do conforto, do consumo de alimento, do desempenho produtivo e reprodutivo e, em casos mais severos, aumento do risco de problemas de saúde. Os limiares de ITU não são universais e variam conforme raça, categoria animal, nível de produção, grau de aclimação e condições ambientais, devendo ser interpretados de acordo com o sistema de produção e, quando possível, com apoio de referências específicas.
 - Redução no Consumo de Matéria Seca (CMS), queda acentuada na produção de leite, maior suscetibilidade a doenças e risco de mortalidade por hipertermia em confinamentos.
 - Redução na percentagem de gordura e de proteína do leite, além de aumentar a Contagem de Células Somáticas (CCS), contribuindo para a queda do preço do leite.

- Redução dos índices reprodutivos em decorrência do estresse térmico, que pode diminuir a manifestação e a detecção do cio, comprometer a qualidade do sêmen e aumentar a ocorrência de perdas embrionárias, resultando em menores taxas de concepção e prenhez.

3.5.4. Chuvas acima da média

Impactos Negativos:

- Formação de lama e dificuldades de manejo: Formação de lamaçal em confinamentos, praças de alimentação e currais, aumentando casos de pododermatite (frieira/podridão do casco) em bovinos de leite e corte. A dificuldade de acesso ao cocho em áreas de confinamento também reduz o consumo de matéria seca, prejudicando o desempenho animal. A lama colada ao corpo do animal funciona como um isolante térmico, prejudicando as trocas de calor com o meio.
- Danos às pastagens por encharcamento: Morte de gramíneas por encharcamento prolongado ("síndrome da morte do capim-marandu") em solos mal drenados.

Impactos Positivos:

- Aumento de massa forrageira em solos bem estruturados, com altas taxas de perfilhamento e crescimento de gramíneas tropicais (*Brachiaria*, *Panicum*).
- Prolongamento da fase verde das pastagens, estendendo o período de ganho de peso a pasto e adiando a necessidade de suplementação no cocho.

3.5.5. Tempestades convectivas severas

- Danos à forragem e ao solo:
 - Dilaceração e acamamento de gramíneas de alto porte (*Panicum maximum*, *Pennisetum purpureum*); erosão e lavagem de adubações de cobertura em pastagens intensivas.
- Impactos diretos sobre os animais e a infraestrutura pecuária:
 - Ferimentos graves ou mortes de bovinos, ovinos e equinos por impacto direto de pedras de granizo de grande diâmetro (por exemplo, 3 a 5 cm) e descargas elétricas (raios).
 - Destruição de cercas, galpões de ordenha, coberturas de confinamento e cochós; estresse térmico/hipotermia aguda resultante do choque térmico associado à precipitação gelada súbita.

3.6. Culturas industriais (café, mandioca, cana-de-açúcar e citros)

Neste documento, o segmento de culturas industriais compreende culturas agrícolas cuja produção apresenta forte vinculação com cadeias de beneficiamento, processamento e transformação agroindustrial, embora parte da produção também possa ser destinada ao consumo direto. Incluem-se, neste grupo, café, cana-de-açúcar, mandioca e citros.

Estas culturas possuem características biológicas, ciclos produtivos e sistemas de manejo bastante distintos, mas que apresentam forte relação entre condições climáticas, produtividade e qualidade da matéria-prima destinada ao processamento ou à comercialização.

A magnitude dos impactos depende da espécie, variedade, idade ou ciclo da cultura, fase fenológica, sistema de produção, disponibilidade hídrica e condições de manejo.

Eventos meteorológicos adversos podem afetar processos como brotação, florescimento, pegamento de frutos, crescimento vegetativo, acúmulo de biomassa, formação de raízes ou colmos, maturação e qualidade industrial, além de produzir efeitos que podem se estender para safras ou ciclos subsequentes.

3.6.1. Atraso do início da estação chuvosa e irregularidade nas chuvas

- Café:
 - Desuniformidade das floradas: A quebra de dormência dos botões florais (transição das fases E3 para E4/E5) exige estresse hídrico moderado seguido de recomposição da umidade do solo. Precipitações isoladas e insuficientes ("chuvas de caju") seguidas de novos períodos secos provocam floradas fracionadas e desuniformes. Isso resulta em lotes de frutos em diferentes estádios de maturação no momento da colheita, elevando os custos operacionais e depreciando a qualidade final da bebida devido à presença simultânea de frutos verdes, maduros e secos.
 - Abortamento floral e de frutos recém-vingados: A ocorrência de veranicos imediatamente após a abertura das flores e no início do pegamento dos frutos provoca o abortamento expressivo de flores e frutos jovens (fase de "chumbinho"), reduzindo significativamente o potencial produtivo da safra vigente.
- Cana-de-Açúcar:

- O atraso no início da estação chuvosa pode provocar redução expressiva do acúmulo de biomassa (TCH), isoporização e chochamento dos colmos, resultando em perdas industriais (ATR) acentuadas.
- Cana-soca: o atraso na brotação após o corte reduz a população de perfilhos e encurta a janela de crescimento vegetativo, reduzindo o TCH (toneladas de cana por hectare).
- Cana-Planta e Meiosi: Inviabiliza o plantio de linhas-mãe ou exige irrigações de salvamento volumosas para garantir a brotação da gema.
- Citros:
 - Abortamento floral e de frutos recém-vingados: A irregularidade de chuvas induz floradas desuniformes ou "em ondas". O estresse hídrico subsequente à florada provoca o abortamento de flores e a queda expressiva de frutos recém-vingados (chumbinhos).
 - Restrição da expansão celular: Na ausência de água no solo durante a fase final de crescimento do fruto e maturação, ocorre redução irreversível no diâmetro final dos frutos, desvalorizando a produção para o mercado in natura.
 - Citros nos Tabuleiros Costeiros: floradas do segundo semestre podem ser prejudicadas por períodos de seca, causando maior abortamento de flores e frutinhos e, conseqüentemente, reduzindo o potencial produtivo.
 - Janela de plantio: Na citricultura de sequeiro, em regiões com estação chuvosa bem definida, a janela de plantio pode ser reduzida e as irregularidades de chuva aumentam as restrições hídricas durante o estabelecimento das plantas. Nessas condições, pode ser necessária a complementação da irrigação nos períodos mais críticos, inclusive com a adaptação de sistemas ou equipamentos de baixo custo.
 - Indução floral alterada: A elevação das temperaturas acima do normal durante períodos secos e mais prolongados pode exigir a antecipação da irrigação para a indução floral, buscando realizá-la em períodos mais amenos e evitando o abortamento de flores e frutos.
- Mandioca:
 - Retardo no enraizamento das manivas e falhas na brotação.
 - Indução de ramificação precoce indesejada, alterando a arquitetura da planta e desviando fotoassimilados que deveriam ser acumulados nas raízes tuberosas (redução do teor de amido/fécula).
 - Redução da janela de plantio que pode impactar a viabilidade do plantio em zonas mais secas do semiárido, cuja janela é muito curta.
 - Redução da qualidade de material propagativo, impactando o estabelecimento, vigor e produtividade.

3.6.2. Chuvas abaixo da média e déficit hídrico prolongado no decorrer da estação chuvosa

- Café:
 - Prejuízos à expansão e à granação dos frutos: O déficit hídrico no período crítico de expansão celular e formação do endosperma (dezembro a março) impede o correto preenchimento dos frutos.
 - Redução da granulometria e aumento de grãos malformados: Aumento significativo da taxa de grãos chochos, "café renda", grãos concha e frutos de menor granulometria (peneira baixa), reduzindo o rendimento no beneficiamento.
 - Seca de ponteiros e acentuação da bienalidade: Induz a senescência e a queda prematura das folhas, culminando na secagem dos ramos plagiotrópicos (dieback). A perda da área foliar compromete a síntese de reservas metabólicas para a safra seguinte, aprofundando o ciclo de bienalidade negativa da lavoura.
- Cana-de-Açúcar: O déficit no período de intenso crescimento vegetativo (dezembro a março) aumenta o abortamento de perfilhos, encurta o internódio do colmo, reduz a altura e o diâmetro dos colmos (menor TCH - toneladas de cana por hectare), encurta o internódio e reduz a produção de açúcar por hectare (TAH).
- Citros:
 - O déficit hídrico prolongado durante a floração e o início da frutificação (F1) pode provocar intensa queda de frutos jovens. Quando ocorre ao longo do crescimento e a maturação, pode resultar em frutos de menor calibre e fora do padrão comercial. Durante esse período, ocorrendo o restabelecimento da disponibilidade de água no solo para a planta, os frutos podem atingir o padrão comercial. Os impactos sobre a qualidade tendem a ser mais acentuados em citros destinados ao consumo *in natura*, especialmente quando o déficit hídrico ocorre durante as fases finais de desenvolvimento.
 - Aumento da incidência de pragas e doenças em plantas mais suscetíveis a eventos de veranicos prolongados: Pulgão preto dos Citros (*Toxoptera citricidus*), cochonilha-ortézia em citros (*Orthezia praelonga*), cochonilha escama farinha (*Pinnaspis aspidistrae*), ácaro da falsa ferrugem (*Phyllocoptruta oleivora*).
- Mandioca:
 - Uma das respostas mais rápidas da mandioca ao estresse hídrico é o fechamento dos estômatos, mecanismo que reduz significativamente a transpiração para conservar a água na planta e retardar o murchamento foliar, mas também limitando a entrada de CO₂, a assimilação de carbono e o crescimento da planta.
 - Período longo de déficit hídrico compromete o crescimento e desenvolvimento da planta, tanto no primeiro como no segundo ciclo. Restrições hídricas podem reduzir o comprimento dos entrenós e, conseqüentemente, o porte da planta. Além disso, o número de folhas e a área do limbo foliar podem ser significativamente reduzidos, influenciando negativamente o índice de área foliar e retardando o período de maior

acumulação de amido nas raízes tuberosas. Como consequência, podem ocorrer reduções na produtividade e atrasos no início da colheita.

- O atraso no crescimento e desenvolvimento das plantas pode provocar danos indiretos, como a demora para o fechamento das entrelinhas, favorecendo o estabelecimento de plantas espontâneas, que poderão causar concorrência por luz e nutrientes e aumentar o custo da lavoura por necessidade de maior uso de medidas para o controle.
- Períodos de estiagem podem favorecer maior ocorrência e danos de insetos pragas, como cochonilhas, gongo (*Migdolus fryanus*) e percevejo de renda (*Vatiga sp.*).
- O comprometimento da fotossíntese e do transporte de assimilados prejudica o enchimento das raízes, resultando em tubérculos menores, com maior teor de fibras e baixo índice de colheita. Estudos demonstram que pode ocorrer perdas expressivas de produtividade, cuja magnitude depende da severidade do estresse e da variedade cultivada.
- Os efeitos da restrição hídrica também podem comprometer as condições de solo no momento da colheita, com implicações sobre a eficiência das operações. A falta de água no solo prejudica a colheita das raízes tuberosas, tanto no arranquio manual quanto ao dificultar a entrada de implementos conhecidos como afofadores, no caso da colheita semimecanizada. Períodos de estiagem podem causar a paralisação da operação de colheita, causando uma série de transtornos para os agricultores.
- Paralisa a translocação de fotoassimilados para as raízes tuberosas, induz a lignificação precoce do sistema radicular e reduz significativamente o rendimento e a extração de fécula por tonelada.

3.6.3. Temperaturas acima da média e ondas de calor

- Café:
 - Escaldadura e inibição fotossintética: Temperaturas foliares superiores a 34 °C promovem a inativação temporária do Fotossistema II (fotoinibição) e causam queimaduras diretas (escaldadura) nas folhas e frutos expostos à radiação solar direta — efeito agravado em faceamentos de exposição Norte e Oeste.
 - Redução da viabilidade polínica e abortamento: Durante a fase reprodutiva, temperaturas do ar acima de 32 °C causam a dessecação e atrofia do tubo polínico e a inviabilização dos grãos de pólen em *Coffea arabica*, resultando em abortamento floral e chochamento fisiológico de frutos.
 - Aceleração da maturação: O estresse térmico acelera o processo de maturação do epicarpo sem que haja a completa maturação fisiológica e o acúmulo ideal de açúcares solúveis no endosperma, prejudicando o sabor, o aroma e o enquadramento do produto na classificação de cafés especiais.
- Cana-de-Açúcar:

- Maior consumo respiratório de açúcares: O calor noturno elevado acelera a taxa de respiração da planta, fazendo-a consumir o açúcar que seria acumulado nos colmos, reduzindo o rendimento de ATR (Açúcar Total Recuperável).
- Temperaturas diurnas excessivas induzem a planta ao fechamento de estômatos e enrolamento foliar como mecanismos protetores contra transpiração excessiva, fazendo com que ocorra redução na taxa de crescimento e acúmulo de biomassa.
- Queimadura do cartucho foliar e limitação do perfilhamento nas soqueiras.
- Citros:
 - Escaldadura de frutos (sunburn): A radiação solar direta aliada ao calor extremo causa necrose no epicarpo de frutos, provocando manchas escuras, depreciação comercial para frutos destinados ao consumo in natura.
 - Danos ao aparato fotossintético: Quedas de produção associados aos períodos de picos térmicos, baixa umidade do ar e excesso de radiação solar. Provocando o superaquecimento das folhas, quando a planta não consegue dissipar o excesso de energia por meio da transpiração e dos mecanismos fotoprotetores, ocorre redução da fotossíntese e aumento do estresse fotooxidativo, podendo causar, em situações severas, clorose, necrose e queimaduras nas folhas.
 - Abortamento reprodutivo e abscisão: Os picos térmicos (acima de 35°C) associados a baixa umidade relativa do ar provocam o abortamento excessivo de flores e frutos recém-formados (chumbinhos), impactando a produtividade do pomar.
 - Desequilíbrio de maturação (°Brix/acidez): o calor acelera a degradação dos ácidos orgânicos sem o acúmulo proporcional de açúcares, desequilibrando a relação e reduzindo a qualidade industrial e para consumo in natura.
- Mandioca:
 - Senescência e queda prematura da parte aérea, forçando a planta a gastar as reservas de amido das raízes tuberosas para reemitir folhas, o que reduz significativamente o teor de fécula.

3.6.4. Chuvas acima da média

- Café:

Negativos:

 - O excesso de umidade do solo e a alta umidade relativa do ar criam condições favoráveis a doenças fúngicas, como a ferrugem-do-cafeeiro (*Hemileia vastatrix*), a mancha-de-phoma (*Phoma* spp.) e a cercosporiose (*Cercospora coffeicola*), exigindo intensificação do controle fitossanitário.
 - Dificuldade de entrada de tratores nas entrelinhas para pulverizações e demais operações no momento correto.
 - Se ocorridas durante a colheita, provocam a queda expressiva de frutos no chão (aumento do volume de café varrição) e favorecem fermentações indesejadas nos

terreiros e secadores, gerando grãos com defeitos graves (pretos, ardidos e fermentados — PAF) que depreciam significativamente a qualidade da bebida.

Positivos:

- Estimula o intenso crescimento vegetativo dos ramos plagiotrópicos e ortotrópicos em fases vegetativas, garantindo nós florais e esqueleto de frutificação vigoroso para a safra do ano seguinte em solos bem drenados.
- Cana-de-Açúcar:

Negativos:

- Redução da concentração de Açúcar Total Recuperável (ATR) por diluição no colmo; paralisação do corte, carregamento e transporte (CCT); acamamento de canaviais e compactação severa do solo pelo tráfego de colhedoras em solo úmido.

Positivos:

- Estímulo ao vegetativo intenso de cana-planta e soqueira jovem, garantindo alto TCH (toneladas de cana por hectare) para as safras vindouras.
- Longos períodos de molhamento foliares podem aumentar a incidência de doenças fúngicas e bacterianas, incidindo em maior custo para controle ou perdas na produtividade de colmos (TCH) e açúcar (TAH).
- Citros:

Negativos:

- Qualidade física e comercial: Rachadura térmica/hídrica de frutos (cracking) devido à absorção desmedida de água e turgor celular excessivo, após um período de déficit hídrico, resultando em perda de qualidade e valor do produto.
- Aumento da pressão fitossanitária: podridão-floral, queda prematura ou estrelinha dos citros (*Colletotrichum gloeosporioides*); o excesso de água no solo favorece a ocorrência de doenças radiculares como é o caso da gomose dos citros em porta-enxertos suscetíveis (*Phytophthora*).
- Lixiviação de nutrientes e abscisão: Lixiviação de adubações de cobertura e queda prematura de frutos jovens por asfixia radicular e estresse metabólico.
- O excesso de chuvas, além de aumentar o risco fitossanitário, dificulta a execução de tratamentos fitossanitários preventivos e curativos, que são fundamentais para o controle de doenças. Um período de chuva, mesmo que curto, pode impedir o tratamento preventivo ou resultar em perda de eficiência de controle anterior facilitando o estabelecimento do inóculo no pomar.
- Estímulo às brotações com aumento da favorabilidade à colonização pelo psíldeo dos citros (*Diaphorina citri*), requerendo controle intensivo no manejo do Huanglongbing (HLB), principal doença dos citros na atualidade.

Positivos:

- Antecipação do período de floração, reduzindo os riscos de queda de frutos pelo excesso de calor e baixa umidade relativa do ar (ex: citros produzidos no cinturão citrícola).
- Condição favorável para o estabelecimento antecipado de novos pomares, em cultivo de sequeiro.
- Recarga e manutenção dos mananciais de água em níveis que possibilitem sua utilização nas atividades frutícolas.

- Mandioca:

Negativos:

- O excesso de água nos primeiros meses pós-plantio pode interferir no estabelecimento, crescimento e desenvolvimento inicial das plantas.
- Maior suscetibilidade à ocorrência de podridão radicular (*Phytophthora* e *Fusarium*), que pode afetar a planta em qualquer estágio, gerando perda total da área atingida e queda de produção; indisponibilização de material propagativo;
- Dificuldade do procedimento de colheita seja arranque mecânico/manual e redução do teor de fécula nas raízes colhidas.
- Perda total de viabilidade das manivas por falta de disponibilidade de oxigênio no solo.
- Atrasos e dificuldades para as operações de preparo do solo, manejo e plantio.
- Aumento de riscos de fitotoxicidade provocada principalmente pela lixiviação de herbicidas pré-emergentes.
- O excesso de água aliado à drenagem inadequada pode causar redução drástica no rendimento de raízes frescas.
- Riscos de perda de solo por erosão em cultivos de mandioca em sistema convencional.

Positivos:

- Excelente brotação e estabelecimento de manivas-mãe em novos plantios instalados em áreas declivosas ou bem drenadas.
- Aumento da produtividade dos cultivos em zonas semiáridas, permitindo antecipação de colheitas e disponibilização de ramas com melhor qualidade para novos plantio.
- Previsibilidade do plantio na janela adequada para a cultura, com baixos riscos.

3.6.5. Tempestades convectivas severas

- Café:

- O impacto das pedras de granizo causa a desfolha severa do cafezal, o desprendimento mecânico de frutos e chumbinhos, e a quebra de ramos plagiotrópicos. Além da perda imediata da safra, os ferimentos provocados nos tecidos lignificados abrem portas de entrada para infecções por patógenos

bacterianos (*Pseudomonas syringae* pv. *garcae*) e fúngicos (*Phoma* spp.). Lavouras atingidas frequentemente necessitam de intervenções drásticas de poda (decapota, decote ou recepa) e perdem a capacidade produtiva por pelo menos um a dois ciclos agrícolas.

- Ocorrem tombamento de plantas jovens recém-implantadas, quebra de ponteiros e desfolha por cisalhamento nas bordas das parcelas.
- Cana-de-Açúcar:
 - Acamamento severo do canavial por ventos fortes e chuva torrencial, dificultando ou inviabilizando o corte mecanizado e aumentando o nível de impurezas minerais/vegetais na moenda.
 - Desfolhamento e quebra do ponteiro do colmo, interrompendo a síntese de sacarose e reduzindo o teor de ATR (Açúcar Total Recuperável).
- Citros:
 - O impacto das pedras de granizo causa a desfolha severa e quebra de ramos, o desprendimento mecânico de frutos e chumbinhos. Além da perda imediata da safra, os ferimentos provocados abrem portas de entrada para infecções por patógenos. Lavouras atingidas, a depender da intensidade, necessitam de intervenção com podas que podem afetar a safra posterior.
 - Ocorrem tombamento de plantas jovens recém-implantadas, quebra de ponteiros e desfolha por cisalhamento nas bordas das parcelas.
- Mandioca:
 - Destruição da parte aérea (folhas e hastes/manivas), forçando a planta a mobilizar as reservas de amido acumuladas nas raízes tuberosas para rebrotação, reduzindo significativamente o rendimento industrial de fécula.
 - Riscos elevados de perda de solo por erosão em cultivos de mandioca, ainda maiores para as cultivadas em sistema convencional.
 - Impactos sobre a parte aérea da cultura e a disponibilidade de material propagativo para novos plantios.
 - O impacto da tempestade de granizo, dependendo da intensidade e fase da cultura, causa a desfolha severa e danos nas ramas de mandioca. Os ferimentos provocados abrem portas de entrada para infecções por patógenos, por isso as plantas necessitam de limpeza e podas para deixar somente partes sadias para rebrotar. Atingindo plantios novos pode causar perdas significativas ao reduzir o número de plantas. Lavouras podadas sofrem com novo evento de desfolha reduzindo o rendimento do amido na colheita.
 - Inclinação e tombamento de plantas, principalmente no primeiro ciclo da cultura, quando ainda não houve um maior desenvolvimento do sistema radicular. A inclinação prejudica a interceptação solar, como também aumenta as fibras nas raízes tuberosas, causando depreciação do valor para mandioca de mesa (aipim, macaxeira). O tombamento das plantas pode comprometer severamente a produção de raízes tuberosas.

3.7. Aquicultura (continental e marinha)

Neste documento, a aquicultura compreende sistemas de produção de organismos aquáticos em ambientes continentais e marinhos. Os impactos dos eventos meteorológicos adversos dependem da espécie cultivada, do estágio de desenvolvimento dos organismos, do sistema de produção, das características do corpo hídrico, da localização e da escala do empreendimento, da qualidade e disponibilidade da água, da infraestrutura e da capacidade de manejo e adaptação.

A aquicultura continental compreende principalmente a piscicultura e a carcinicultura desenvolvidas em ambientes interiores, como viveiros escavados, reservatórios e sistemas de tanques-rede. Nesses sistemas, os impactos estão fortemente relacionados à disponibilidade e renovação da água, temperatura, oxigênio dissolvido, pH, concentração de metabólitos, vazão e nível dos corpos hídricos, além da integridade de viveiros, diques, redes e demais estruturas de produção.

A aquicultura marinha ou maricultura, por sua vez, compreende, neste contexto, o cultivo de ostras, mexilhões e outros moluscos bivalves, bem como de macroalgas em sistemas suspensos, fixos ou de fundo. Seus impactos estão particularmente associados à hidrodinâmica, salinidade, temperatura, aporte de água doce e nutrientes, turbidez, qualidade sanitária da água e condições de ondas e correntes. Por essas diferenças, os impactos são apresentados separadamente para os sistemas continentais e marinhos.

3.7.1. Aquicultura Continental – piscicultura e carcinicultura

3.7.1.1. Atraso do início da estação chuvosa e irregularidade nas chuvas

- Impactos Negativos:
 - Chuvas escassas: Menor disponibilidade de água, diminuição da renovação de água dos viveiros, diminuição da circulação de água em reservatórios, elevação da temperatura impactando a fisiologia dos organismos em produção, maior concentração de metabólitos e deterioração da qualidade da água.
 - Deterioração da qualidade da água: A redução do volume útil dos reservatórios e tanques escavados gera alta concentração de matéria orgânica, sólidos suspensos e nutrientes.
 - Hipóxia e aumento do risco de toxicidade por amônia: Temperaturas elevadas associadas ao baixo volume d'água reduzem a solubilidade do oxigênio dissolvido (OD)

e deslocam o equilíbrio químico da amônia para sua forma não ionizada (NH₃), que é altamente tóxica para os peixes.

- Salinidade: alteração da salinidade do sistema de produção da carcinicultura em água salobra com efeitos negativos no consumo de alimentos, crescimento e sobrevivência e saúde dos organismos.
- Aumento do risco de surtos sanitários: A oscilação térmica e das condições da água pode aumentar o estresse fisiológico e a suscetibilidade dos organismos a enfermidades, elevando o risco de perdas sanitárias, elevando a mortalidade por infecções bacterianas (por exemplo, *Streptococcus* spp.) e parasitárias.
- Impacto no ciclo produtivo: podem postergar ou reduzir o povoamento, a duração do ciclo de produção e conseqüentemente a produtividade.

3.7.1.2. Chuvas abaixo da média e déficit hídrico prolongado no decorrer da estação chuvosa

- Impactos Negativos:

- Deterioração da qualidade da água: A redução do volume hídrico aliada ao calor concentrado aumenta a temperatura e reduz a solubilidade do oxigênio dissolvido (OD), reduz a qualidade da água, concentrando a biomassa, nutrientes e metabólitos, e impacta o desempenho dos organismos em produção, prolonga os ciclos de produção.
- Menor fluxo de água e níveis baixos: em tanques-rede pode reduzir a troca de água nas gaiolas e aproximar as estruturas do fundo ou em zonas com baixa qualidade da água, pode levar a necessidade de redução significativa da biomassa ou até mesmo impedir a continuidade da operação.
- Toxicidade por amônia e surtos sanitários: A elevação do pH e da temperatura desloca o equilíbrio da amônia para a sua forma não ionizada (NH₃), que é altamente tóxica. Isso causa estresse respiratório, imunossupressão nos peixes e surtos de parasitoses e mortalidade por infecções (ex: *Streptococcus* spp. e *Aeromonas* spp).
- Mudanças de temperatura e pH: Geram estresse nos organismos em produção levando a menor consumo de ração, alterações metabólicas e maior suscetibilidade a doenças.
- Elevação da salinidade: em sistemas de carcinicultura interiorizada pode elevar a salinidade e desencadear estresse osmótico impactando a produtividade.

3.7.1.3. Temperaturas acima da média e ondas de calor

- Impactos Negativos:

- Redução do oxigênio dissolvido (OD): A solubilidade do O₂ na água é inversamente proporcional à temperatura (água mais quente retém menos oxigênio).
- Aceleração do metabolismo e maior risco de toxicidade por amônia: O calor acelera o metabolismo dos peixes, aumentando a taxa de respiração e a excreção de amônia. O aumento da temperatura e do pH desloca o equilíbrio da amônia para a forma não

ionizada (NH₃), extremamente tóxica, provocando surtos de mortalidade por asfixia e estresse metabólico.

- Aumento do risco de proliferação de cianobactérias: Aumento do risco de blooms de algas nocivas, gerando toxinas e sabor desagradável na carne dos peixes (off-flavor).
- Temperaturas da água acima da média: aumento do metabolismo e na demanda respiratória dos peixes e camarões. Em viveiros escavados rasos, com altas densidades e baixa renovação de água, aumenta o risco de hipóxia, maior acúmulo de metabólitos, redução no consumo alimentar, piora na conversão alimentar, queda no crescimento, e aumento na suscetibilidade a doenças e mortalidade. Em tanques-rede, a elevação da temperatura da coluna d'água, a estratificação térmica e episódios de baixo oxigênio podem reduzir o desempenho e ampliar a vulnerabilidade dos peixes, particularmente quando a circulação é insuficiente. Na carcinicultura de água salobra interiorizada, o aquecimento associado à evaporação pode elevar a salinidade, alterar parâmetros de qualidade da água e acentuar o estresse térmico e osmótico.

3.7.1.4. Chuvas acima da média

- Impactos Negativos:
 - Alterações rápidas nos parâmetros da água: Mistura abrupta da coluna d'água (turnover), com quebra da estratificação térmica e possibilidade de redução rápida do oxigênio dissolvido.
 - Risco sanitário, transbordamento e fuga de organismos: Redução drástica do pH e da alcalinidade pela grande entrada de água de baixa alcalinidade, escoamento superficial e alterações rápidas no balanço físico-químico; transbordamento de tanques escavados com risco de fuga de biomassa de peixes e rompimento de taludes.
 - Elevação rápida no nível de água: pode causar transbordamento, erosão e ruptura de diques, entrada de água e organismos externos, fuga de peixes e camarões, danos a equipamentos e interrupção de operações. Em viveiros escavados, o escoamento superficial pode aumentar turbidez, sólidos suspensos, matéria orgânica, nutrientes, contaminantes e patógenos; também pode provocar quedas bruscas de temperatura, pH e oxigênio dissolvido. Na carcinicultura de água salobra interiorizada, a entrada excessiva de água doce pode reduzir rapidamente a salinidade, afetando a osmorregulação, o desempenho e a sobrevivência dos camarões. Em tanques-rede, vazões elevadas, detritos, cheias e danos por correnteza podem deslocar, deformar ou romper estruturas e redes, favorecer fugas e dificultar a alimentação, o monitoramento e a despesca.
- Impactos Positivos:
 - Pode aumentar a renovação em sistemas com hidráulica e capacidade de descarga adequadamente dimensionadas, auxiliando na lavagem de metabólitos, excretas e resíduos de ração, sem transbordamento, erosão ou deterioração da qualidade.

- Redução da temperatura da água em dias muito quentes, mantendo a oxigenação acima de níveis críticos em sistemas abertos bem dimensionados.

3.7.1.5. Tempestades convectivas severas

- Aporte de sedimentos e redução da oxigenação:
 - Enxurradas extremas levam grandes volumes de solo, matéria orgânica e resíduos para tanques escavados e reservatórios. Isso aumenta a turbidez, obstrui as brânquias dos peixes e causa mortalidade por asfixia mecânica.
- Impactos destrutivos na infraestrutura de cultivo como nos tanques-rede e viveiros: em viveiros transbordamento, erosão e ruptura de diques, carreamento de sedimentos, nutrientes, contaminantes e patógenos, fuga ou mortalidade de peixes e camarões e danos a bombas, aeradores, redes elétricas, sistemas de abastecimento, estruturas de reprodução e armazenamento de ração. Em tanques-rede, ventos, ondas, correntes, detritos flutuantes e variações rápidas de nível ou vazão podem deslocar, deformar ou romper gaiolas, ancoragens e redes, ocasionando fuga de organismos, perdas de biomassa, danos à infraestrutura e riscos à segurança dos trabalhadores.
- Alterações físico-químicas e danos estruturais:
 - Entrada repentina de grandes volumes de água com características físico-químicas distintas pode alterar rapidamente temperatura, pH, alcalinidade e oxigênio dissolvido.
 - Destruição física de tanques-rede, rombo em taludes de tanques escavados (com fuga de biomassa) e avaria de aeradores por descargas elétricas ou vendavais.

3.7.2. Aquicultura marinha — bivalves e algas marinhas

3.7.2.1. Atraso do início da estação chuvosa e irregularidade nas chuvas

- Impactos Negativos:
 - Menor aporte de água doce pode elevar a salinidade em enseadas, estuários e áreas costeiras semi-abrigadas, com potencial estresse osmótico para espécies de bivalves e macroalgas adaptadas a faixas de salinidade mais baixas.
 - A irregularidade das chuvas pode produzir oscilações rápidas de salinidade, temperatura, transparência e disponibilidade de nutrientes, dificultando o planejamento do cultivo, o manejo de sementes e a previsão de colheita.
 - Mudanças no regime de descarga fluvial e na disponibilidade de nutrientes podem alterar a composição e a produtividade do fitoplâncton, que constitui a principal fonte alimentar dos bivalves filtradores.
 - A alternância entre estiagem e chuvas concentradas pode aumentar o risco de florações de algas nocivas, contaminação microbiológica e interdições sanitárias em áreas de produção de moluscos, com impactos diretos para consumidores.

- Para macroalgas, mudanças no aporte de água doce, nutrientes e sedimentos podem afetar a salinidade, a disponibilidade de luz e a produtividade fotossintética, com redução de crescimento e qualidade da biomassa.
- Pode haver impactos diretos na disponibilidade de banco de sementes selvagens, impactando a coleta e início de novos ciclos de produção.
- Impactos Positivos:
 - Redução temporária de descargas fluviais intensas pode diminuir episódios de baixa salinidade, elevada turbidez e contaminação por escoamento continental em áreas muito próximas a desembocaduras de rios.
 - Em locais onde a salinidade esteja abaixo da faixa adequada, menor aporte de água doce pode elevar a salinidade para níveis mais favoráveis ao crescimento de determinadas espécies marinhas.

3.7.2.2. Chuvas abaixo da média e déficit hídrico prolongado no decorrer da estação chuvosa

- Impactos Negativos:
 - Alteração na salinidade: redução de chuvas e maior evapotranspiração podem elevar a salinidade afetando a osmorregulação, alimentação, crescimento e sobrevivência.
 - Qualidade da água e risco sanitário: períodos secos prolongados podem reduzir a diluição de efluentes e contaminantes em zonas costeiras com baixa renovação, diminuindo a qualidade da água e aumentando riscos sanitários para a produção.
- Impactos Positivos:
 - Alteração na salinidade: em algumas condições a redução de chuvas e o aumento da salinidade para faixas mais favoráveis a algumas espécies.
 - Em alguns casos a redução de chuvas pode reduzir a ocorrência de enxurradas e a turbidez, sedimentação e a entrada de contaminantes e matéria orgânica.

3.7.2.3. Temperaturas acima da média e ondas de calor

- Impactos Negativos:
 - O aumento da temperatura da água pode elevar o metabolismo de bivalves e macroalgas, mas, acima das faixas ótimas de cada espécie, reduz a eficiência fisiológica, o crescimento, a reprodução e a sobrevivência; podendo ainda aumentar a suscetibilidade de bivalves a patógenos e parasitas.
 - Ondas de calor marinhas podem causar estresse térmico, maior mortalidade e perdas de biomassa em ostras, mexilhões, vieiras e outros bivalves, sobretudo quando coincidem com baixa oxigenação, baixa disponibilidade de alimento, salinidade extrema, doenças ou florações algais nocivas.
 - O aquecimento pode alterar a estrutura do fitoplâncton e favorecer, sob determinadas condições, florações algais nocivas, afetando a alimentação, a segurança sanitária e a comercialização de moluscos.
- Impactos Positivos:

- O aquecimento pode ampliar a adequação climática de algumas espécies de águas mais quentes em áreas anteriormente limitadas por baixas temperaturas; esse benefício deve ser avaliado em conjunto com riscos sanitários, ecológicos e de mercado.

3.7.2.4. Chuvas acima da média

- Impactos Negativos:
 - Chuvas acima da média e descargas fluviais intensas podem reduzir rapidamente a salinidade em áreas estuarinas, lagunares e costeiras rasas, causando estresse osmótico, redução da filtração, menor alimentação, crescimento limitado e mortalidade de ostras, mexilhões e sementes.
 - O aumento do escoamento continental pode elevar turbidez, sólidos em suspensão, sedimentos, matéria orgânica, nutrientes, contaminantes e microrganismos patogênicos na água de cultivo.
 - Partículas em excesso podem obstruir brânquias e reduzir a atividade de filtração dos bivalves; para macroalgas, turbidez e sedimentos reduzem a disponibilidade de luz e podem limitar a fotossíntese e o crescimento.
 - O maior aporte de nutrientes pode favorecer eutrofização e florações de algas nocivas, com risco de mortalidade, bioacumulação de toxinas e suspensão/interdição da colheita de bivalves para fins de segurança alimentar.
 - Chuvas intensas e alteração de condições sanitárias podem elevar a presença de patógenos e indicadores de contaminação fecal, afetando a classificação sanitária das áreas e a comercialização.
 - Descargas intensas e ondas associadas podem deslocar sementes, danificar estruturas e dificultar o acesso às áreas de cultivo e as operações de manejo e colheita.

3.7.2.5. Tempestades convectivas severas

- Impactos Negativos:
 - Ventos intensos, ondas, correntes, ressacas, descargas elétricas, chuvas torrenciais e detritos flutuantes podem romper, deslocar, deformar ou afundar long-lines, balsas, lanternas, travesseiros, cordas, estacas, redes e sistemas de ancoragem.
 - Podem ocorrer desprendimento, perda, mortalidade ou soterramento de bivalves, macroalgas e sementes, bem como extravio de equipamentos e geração de resíduos no ambiente marinho.
 - Tempestades podem elevar a turbidez e a ressuspensão de sedimentos, reduzir a luz disponível para macroalgas e afetar a filtração e a qualidade comercial dos bivalves.

4. Medidas para o tratamento dos riscos climáticos na agropecuária

4.1. Princípios para seleção e implementação das medidas de tratamento de risco

O tratamento dos riscos climáticos compreende a seleção e a implementação de medidas destinadas a modificar a exposição, a vulnerabilidade ou as consequências associadas aos eventos meteorológicos adversos. No contexto dos sistemas produtivos agropecuários, essas medidas podem atuar por estratégias complementares: prevenção ou evasão do risco, buscando reduzir a exposição do sistema aos eventos adversos; redução do impacto, aumentando a capacidade de resistir, responder ou recuperar-se quando os eventos ocorrem; transferência do risco, mediante instrumentos que transfiram parte das consequências financeiras a terceiros; e retenção planejada do risco residual, quando determinada parcela do risco é aceita e administrada pelo próprio empreendimento.

Nenhuma medida deve ser considerada isoladamente ou adotada de forma automática. A escolha depende dos riscos predominantes, de sua probabilidade e magnitude, das características da cultura ou atividade, do sistema de produção, das condições edafoclimáticas e regionais, da capacidade técnica e operacional e da viabilidade econômica. Em muitos casos, a maior eficácia é obtida pela combinação de medidas com mecanismos distintos, formando camadas complementares de proteção.

As recomendações deste capítulo devem ser interpretadas como diretrizes para apoio à gestão de riscos, e não como prescrições universais. A agropecuária brasileira abrange grande diversidade de ambientes, culturas, sistemas produtivos, escalas e níveis tecnológicos. A pertinência e a forma de implementação de cada medida devem ser avaliadas para as condições concretas do empreendimento, recorrendo-se à assistência técnica especializada sempre que a decisão exigir diagnóstico, dimensionamento ou projeto específico.

Os riscos tratados são classificados exclusivamente segundo os fatores climáticos transversais: Atraso da estação chuvosa; Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Temperaturas baixas e geada; Tempestades severas. Efeitos como erosão, alagamento, encharcamento, incêndios, danos fitossanitários, hipóxia, escassez de forragem, perda de qualidade ou interrupções logísticas são tratados como consequências desses riscos climáticos sobre os diferentes sistemas produtivos, e não como categorias independentes de risco.

4.2. Horizonte para implementação das medidas

O horizonte de implementação representa o tempo necessário para que a medida possa ser efetivamente implantada e colocada em condições de começar a produzir efeito sobre o risco.

Ele não representa a duração dos benefícios nem o período necessário para que efeitos cumulativos se manifestem.

Tabela 4.2. Horizonte de implementação de medidas de tratamento de riscos.

Horizonte	Caracterização	Exemplos
Imediato, até 30 dias	Medidas operacionais ou decisões que podem ser iniciadas rapidamente com recursos, estrutura e conhecimento já disponíveis.	Ajuste de época de operação, acionamento de seguro já contratado, mudança de manejo, priorização de talhões, monitoramento meteorológico.
Curto prazo, 1–12 meses	Medidas que exigem planejamento, aquisição, contratação, capacitação ou reorganização realizável dentro de um ciclo produtivo.	Adequação de drenagem localizada, contratação de seguro, implantação de cobertura do solo, ajustes de infraestrutura operacional.
Médio prazo, 1–3 anos	Medidas que dependem de investimentos relevantes, obras, alterações estruturais ou mais de um ciclo para plena implantação.	Ampliação da capacidade de irrigação, construção de estruturas de armazenagem, recuperação física do solo, implantação de sistemas integrados.
Longo prazo, >3 anos	Transformações estruturais, processos de maturação lenta ou formação de capacidade que exigem mais de três anos para implementação plena.	Construção de reservatórios, transformação ampla do sistema de produção, implantação de sistemas agroflorestais, mudanças estruturais de localização ou composição das atividades.

4.3. Estrutura padronizada das medidas

Todas as medidas apresentadas nas seções seguintes utilizam quatro campos padronizados:

- a) Medida recomendada:** descrição das ações a serem tomadas para reduzir a exposição, a vulnerabilidade ou as consequências do risco.
- b) Riscos tratados:** seleção apenas entre os seis riscos climáticos transversais definidos neste capítulo.
- c) Horizonte para implementação:** Imediato, Curto prazo, Médio prazo ou Longo prazo, conforme o tempo necessário para implantação das medidas. Em alguns casos, é preciso desdobrar o componente operacional (imediato e curto prazo) do estrutural (médio ou longo prazo).
- d) Condições para adoção:** pré-requisitos técnicos, operacionais, econômicos, ambientais ou regulatórios necessários à implementação segura e eficaz.

4.4. Medidas transversais aplicáveis aos diferentes sistemas agropecuários

As medidas desta seção são de aplicação ampla e, por isso, não são repetidas integralmente nas seções setoriais. Quando uma atividade exige aplicação específica — por exemplo, monitoramento de geada em cereais de inverno ou qualidade da água na aquicultura — a particularidade é apresentada na seção correspondente.

1. Monitorar previsões meteorológicas e climáticas e acompanhar o ENOS

a) Medida recomendada: Monitorar continuamente previsões meteorológicas de curto prazo, perspectivas climáticas sazonais e a evolução do ENOS, interpretando as informações de forma regionalizada e combinando-as com as condições efetivamente observadas no sistema produtivo. O ENOS não deve ser utilizado isoladamente para definir decisões de manejo.

b) Riscos tratados: Atraso da estação chuvosa; Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Temperaturas baixas e geada; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Imediato: até 30 dias.

d) Condições para adoção: Acesso a fontes confiáveis e atualizadas de informação meteorológica e climática e capacidade técnica para interpretar os sinais de forma regionalizada e convertê-los em decisões operacionais.

2. Utilizar dados meteorológicos locais e monitorar as condições

a) Medida recomendada: Complementar previsões regionais, sempre que possível, com dados de estações meteorológicas próximas ou instaladas na propriedade e com indicadores diretamente relacionados ao sistema produtivo, como umidade do solo, disponibilidade de água, temperatura, demanda atmosférica, condições da cultura, do rebanho ou do ambiente de produção.

b) Riscos tratados: Atraso da estação chuvosa; Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Temperaturas baixas e geada; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Imediato: até 30 dias.

d) Condições para adoção: Disponibilidade de dados locais confiáveis, equipamentos ou métodos de monitoramento compatíveis com a atividade e capacidade de interpretar os dados e estabelecer critérios de decisão.

3. Utilizar o Zarc e outros instrumentos oficiais de avaliação de risco

a) Medida recomendada: Utilizar o Zoneamento Agrícola de Risco Climático (Zarc) e outros instrumentos oficiais de avaliação de risco para orientar localização, implantação, épocas de cultivo e demais decisões abrangidas por suas recomendações. Para culturas anuais, plantios fora das janelas indicadas pelo Zarc não devem ser efetuados; dentro da janela, a decisão operacional deve considerar as condições efetivamente observadas e a previsão meteorológica de curto prazo. Quando disponíveis para a cultura e a região, utilizar também instrumentos que diferenciem níveis de manejo, como o Zarc com Níveis de Manejo (ZarcNM), de modo a incorporar à avaliação do risco os efeitos de práticas conservacionistas e da qualidade do manejo do solo.

b) Riscos tratados: Riscos agroclimáticos considerados pelo Zarc aplicável à cultura, conforme metodologia específica (granizo, vendaval e tornado não entram nas quantificações do Zarc).

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Existência de zoneamento ou instrumento aplicável à cultura ou atividade, consulta à versão vigente e correta interpretação das indicações para município, sistema, ciclo, solo e demais critérios estabelecidos. Para instrumentos baseados em níveis de manejo, é necessário que a metodologia esteja disponível para a cultura e região e que as práticas e informações requeridas possam ser adequadamente verificadas ou registradas.

4. Diversificar temporal, espacial e economicamente a produção

a) Medida recomendada: Distribuir a exposição do empreendimento, quando técnica e economicamente possível, por meio de diferentes épocas, áreas, materiais genéticos, espécies, atividades produtivas ou canais de comercialização, evitando concentrar toda a produção ou receita em uma única condição de risco.

b) Riscos tratados: Atraso da estação chuvosa; Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Temperaturas baixas e geada; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Disponibilidade de áreas, espécies ou materiais alternativos, compatibilidade com mercado, mão de obra, máquinas, logística e capacidade de manejo, respeitando as recomendações técnicas e o Zarc quando aplicável.

5. Adotar sistemas integrados de produção

a) Medida recomendada: Integrar, quando adequado às condições da propriedade, componentes agrícolas, pecuários e/ou florestais em arranjos como Integração Lavoura-Pecuária

(ILP), Integração Lavoura-Floresta (ILF), Integração Pecuária-Floresta (IPF) ou Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF). A integração deve buscar diversificar a produção e as fontes de renda, melhorar a cobertura e a estrutura do solo e, quando houver componente arbóreo, favorecer sombreamento e proteção contra ventos, reduzindo a vulnerabilidade do sistema aos eventos climáticos adversos.

b) Riscos tratados: Atraso da estação chuvosa; Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Temperaturas baixas e geada; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Médio prazo: 1–3 anos.

d) Condições para adoção: Planejamento integrado do sistema, compatibilidade entre espécies e componentes, adequação ao solo e ao clima, disponibilidade de área, infraestrutura, capital e mão de obra, capacidade de manejo de maior complexidade e avaliação da viabilidade econômica e de mercado. A implantação deve considerar possíveis relações de competição por água, luz e nutrientes entre os componentes.

6. Reavaliar dinamicamente os riscos e ajustar o plano de manejo

a) Medida recomendada: Reavaliar os riscos ao longo do ciclo produtivo, incorporando novas previsões, condições observadas, disponibilidade de recursos e alterações na vulnerabilidade do sistema. O plano definido inicialmente deve ser ajustado quando as condições reais se afastarem do cenário esperado.

b) Riscos tratados: Atraso da estação chuvosa; Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Temperaturas baixas e geada; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Imediato: até 30 dias.

d) Condições para adoção: Monitoramento atualizado, critérios previamente definidos para revisão das decisões e flexibilidade técnica, operacional e financeira para modificar o plano.

7. Elaborar e manter plano de contingência para eventos climáticos adversos

a) Medida recomendada: Definir previamente procedimentos, responsáveis, recursos, prioridades, gatilhos de acionamento e alternativas operacionais para situações em que água, energia, máquinas, mão de obra, alimento, armazenamento, transporte ou outros recursos essenciais se tornem limitados ou indisponíveis em decorrência de eventos climáticos.

b) Riscos tratados: Atraso da estação chuvosa; Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Temperaturas baixas e geada; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses. Infraestruturas previstas no plano podem exigir médio/longo prazo, mas o planejamento e os protocolos podem ser estabelecidos em um ciclo.

d) Condições para adoção: Mapeamento dos principais cenários de risco, definição de responsabilidades, comunicação interna, recursos mínimos de resposta, critérios de priorização e atualização periódica do plano.

8. Manter infraestrutura, acessos e serviços essenciais resilientes

a) Medida recomendada: Identificar pontos críticos e manter estradas internas, pontes, drenagem, energia, armazenamento, estruturas de abastecimento de água e demais componentes essenciais em condições de operar durante ou após eventos climáticos adversos, com redundância quando tecnicamente justificável.

b) Riscos tratados: Atraso da estação chuvosa; Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Temperaturas baixas e geada; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Médio prazo: 1–3 anos.

d) Condições para adoção: Diagnóstico dos componentes críticos, plano de manutenção preventiva, dimensionamento adequado, recursos financeiros e priorização das estruturas cuja falha possa interromper a atividade.

9. Manter capacidade operacional compatível com janelas meteorológicas restritas

a) Medida recomendada: Dimensionar máquinas, mão de obra, transporte, secagem, armazenagem, processamento e serviços de apoio para executar operações críticas dentro das janelas meteorológicas disponíveis, recorrendo a contratação temporária ou terceirização quando necessário e viável.

b) Riscos tratados: Atraso da estação chuvosa; Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Temperaturas baixas e geada; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Médio prazo: 1–3 anos.

d) Condições para adoção: Conhecimento da capacidade operacional requerida, manutenção preventiva, disponibilidade de operadores e serviços, logística coordenada e avaliação econômica entre capacidade própria e terceirizada.

10. Registrar eventos, impactos e perdas e avaliar a eficácia das medidas adotadas

a) Medida recomendada: Registrar sistematicamente eventos meteorológicos, condições do sistema produtivo, decisões adotadas, produtividade, qualidade, custos e perdas e, sempre que

possível, definir previamente indicadores que permitam verificar se as medidas implementadas reduziram a exposição, a vulnerabilidade, a magnitude das perdas ou o tempo de recuperação do sistema. Utilizar os resultados para aperfeiçoar a avaliação de risco e o planejamento dos ciclos seguintes.

b) Riscos tratados: Atraso da estação chuvosa; Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Temperaturas baixas e geada; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Imediato: até 30 dias.

d) Condições para adoção: Sistema simples e consistente de registros, padronização mínima das informações, definição de indicadores compatíveis com a medida e com os objetivos de adaptação e comparação periódica entre condições anteriores e posteriores à implementação, reconhecendo a influência da variabilidade climática sobre os resultados.

11. Avaliar economicamente o nível de proteção para cada risco

a) Medida recomendada: Comparar o custo de implantação e manutenção das alternativas de tratamento com a probabilidade e a magnitude das perdas que se pretende reduzir, evitando tanto proteção insuficiente quanto investimentos desproporcionais ao benefício esperado.

b) Riscos tratados: Atraso da estação chuvosa; Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Temperaturas baixas e geada; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Estimativas de frequência e severidade dos eventos, custos das alternativas, valor da produção, capacidade financeira e comparação entre opções de tratamento.

12. Criar reservas financeiras e planejar liquidez para absorção do risco residual

a) Medida recomendada: Constituir gradualmente reservas financeiras em anos favoráveis e planejar fontes de liquidez para absorver perdas, reparos, replantios, aquisição emergencial de insumos ou outras despesas após eventos adversos, reduzindo a dependência de endividamento emergencial ou venda forçada de ativos.

b) Riscos tratados: Atraso da estação chuvosa; Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Temperaturas baixas e geada; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Longo prazo: >3 anos.

d) Condições para adoção: Planejamento financeiro, disciplina para formação da reserva, definição de valor-alvo, liquidez dos recursos e regras prévias de uso integradas ao plano de contingência.

13. Utilizar seguro, Proagro e outros mecanismos de transferência de risco

a) Medida recomendada: Avaliar e contratar, quando disponíveis e adequados, mecanismos públicos ou privados de transferência de risco, considerando coberturas, exclusões, franquias, limites, produtividade ou valor segurado, período de vigência e requisitos de conformidade.

b) Riscos tratados: Atraso da estação chuvosa; Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Temperaturas baixas e geada; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Existência de produto adequado, análise das condições contratuais, custo compatível com o benefício esperado, contratação dentro dos prazos de elegibilidade e observância das exigências aplicáveis, inclusive do Zarc quando requerido.

14. Capacitar equipes, definir responsabilidades e proteger trabalhadores diante de extremos climáticos

a) Medida recomendada: Capacitar produtores, trabalhadores e equipes técnicas para interpretar alertas, reconhecer sinais de risco, executar medidas preventivas e atuar com segurança durante situações adversas. Incluir protocolos específicos para proteção dos trabalhadores, com reorganização de horários e tarefas sob calor extremo, acesso à água, sombra e pausas adequadas, redução de exposição a radiação e, quando necessário, suspensão ou reprogramação de atividades durante tempestades, descargas elétricas, frio intenso ou outras condições que comprometam a segurança.

b) Riscos tratados: Atraso da estação chuvosa; Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Temperaturas baixas e geada; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Conteúdo de capacitação compatível com a atividade, protocolos de saúde e segurança, acesso a alertas meteorológicos, água e locais de abrigo ou descanso, equipamentos de proteção quando aplicáveis, atualização periódica e definição clara de responsabilidades, canais de comunicação e critérios para interromper ou reprogramar operações.

4.5. Grãos de verão e algodão

Nesta seção são mantidas apenas as medidas cuja aplicação é particularmente relevante às culturas anuais de verão. Monitoramento climático, Zarc, contingência, infraestrutura, capacidade operacional, avaliação econômica, registros, reservas e transferência de risco estão tratados na seção transversal.

1. Selecionar cultivares adaptadas e sistemas com maior estabilidade produtiva

a) Medida recomendada: Selecionar cultivares adaptadas às condições edafoclimáticas da região e priorizar materiais e sistemas de produção com maior estabilidade produtiva. A escolha deve considerar ciclo, potencial produtivo, estabilidade de rendimento, resistência ou tolerância a doenças e pragas e características relacionadas aos principais estresses climáticos da região. O potencial máximo de rendimento não deve ser o único critério de decisão; a capacidade de manter produtividade e qualidade sob condições ambientais desfavoráveis também deve ser considerada. A utilização de genótipos resistentes a altas temperaturas e a seca, inclusive de ciclo curto, devem ser incentivados sempre que possível, para as culturas em que existem variedades disponíveis com essas características. Em áreas de pequena agricultura, o uso de sistemas integrados e consórcios podem diluir ou reduzir os impactos de EMAs.

b) Riscos tratados: Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Informações confiáveis sobre adaptação regional, ciclo, estabilidade de rendimento, resistência ou tolerância a doenças, pragas e estresses climáticos, considerando também o histórico da propriedade.

2. Adotar o Sistema Plantio Direto e manter cobertura do solo

a) Medida recomendada: Adotar o Sistema Plantio Direto e manter adequada cobertura do solo, utilizando palhada e rotação de culturas para aumentar a infiltração e o armazenamento de água, reduzir a evaporação, controlar a erosão e melhorar a estrutura e a resiliência do solo.

b) Riscos tratados: Atraso da estação chuvosa; Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Médio prazo: 1–3 anos.

d) Condições para adoção: Planejamento de rotação, disponibilidade de palhada, adequação de máquinas e manejo compatível com solo, relevo, clima e culturas utilizadas.

3. Adotar o plantio em contorno ou em nível

a) Medida recomendada: Adotar o plantio em contorno ou em nível, acompanhando as curvas de nível do terreno, especialmente em áreas com declividade e maior suscetibilidade à erosão. Essa prática reduz a velocidade e a concentração do escoamento superficial, favorece a infiltração da água e diminui o transporte de solo e nutrientes. Sua eficiência é potencializada quando associada

ao Sistema Plantio Direto, à adequada cobertura do solo e a outras práticas conservacionistas, como terraços e estruturas de contenção, quando tecnicamente recomendados.

b) Riscos tratados: Chuvas acima da média; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Médio prazo: 1–3 anos.

d) Condições para adoção: Indicação técnica conforme declividade, comprimento de rampa, tipo de solo e intensidade de chuva. Deve ser integrada ao Sistema Plantio Direto, cobertura do solo e, quando necessários, terraços e outras estruturas conservacionistas.

4. Utilizar culturas de cobertura e, quando apropriado, Integração Lavoura-Pecuária

a) Medida recomendada: Utilizar culturas de cobertura e, quando tecnicamente apropriado, sistemas de Integração Lavoura-Pecuária (ILP), buscando melhorar a estrutura e a cobertura do solo, favorecer a ciclagem de nutrientes, aumentar a produção de biomassa, conservar água e diversificar as atividades produtivas. A escolha das espécies e do sistema deve considerar seus efeitos sobre a disponibilidade hídrica, os nutrientes, as pragas e as doenças da cultura subsequente.

b) Riscos tratados: Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor.

c) Horizonte para implementação: Médio prazo: 1–3 anos.

d) Condições para adoção: Escolha de espécies e arranjos compatíveis com clima, solo, disponibilidade de água, nutrientes, pragas, doenças, calendário agrícola e, no caso da ILP, capacidade de manejo pecuário.

5. Realizar rotação e diversificação agronômica de culturas

a) Medida recomendada: Realizar rotação e diversificação agronômica de culturas, evitando a sucessão frequente de espécies suscetíveis aos mesmos problemas fitossanitários e buscando aumentar a estabilidade do sistema produtivo diante da variabilidade climática.

b) Riscos tratados: Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Definir sequências de culturas agronomicamente compatíveis, evitando sucessões de hospedeiros dos mesmos problemas fitossanitários e considerando mercado, logística e calendário da propriedade.

6. Adequar o manejo e o condicionamento do perfil do solo

a) Medida recomendada: Adequar o manejo e o condicionamento do perfil do solo, buscando melhorar a infiltração, o armazenamento e a disponibilidade de água às plantas, bem como reduzir problemas de compactação e restrições ao desenvolvimento radicular.

b) Riscos tratados: Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor.

c) Horizonte para implementação: Médio prazo: 1–3 anos.

d) Condições para adoção: Diagnóstico físico, químico e biológico do perfil do solo, identificação de compactação e restrições radiculares e adoção de práticas tecnicamente indicadas para cada condição.

7. Evitar operações mecanizadas em condições inadequadas de umidade do solo

a) Medida recomendada: Evitar operações mecanizadas em condições inadequadas de umidade do solo, reduzindo o risco de compactação, formação de camadas adensadas, degradação da estrutura e redução da capacidade de infiltração e armazenamento de água.

b) Riscos tratados: Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média.

c) Horizonte para implementação: Imediato: até 30 dias.

d) Condições para adoção: Avaliar a umidade do solo antes da entrada de máquinas e dispor de flexibilidade operacional para postergar atividades quando a condição do solo for inadequada.

8. Utilizar irrigação para reduzir o risco de deficiência hídrica

a) Medida recomendada: Utilizar irrigação como estratégia de redução do risco de deficiência hídrica, quando houver disponibilidade e segurança de abastecimento de água, viabilidade econômica, infraestrutura adequada e regularização ambiental. O manejo da irrigação deve considerar as características do solo, a demanda da cultura, as condições meteorológicas e o estágio de desenvolvimento das plantas.

b) Riscos tratados: Atraso da estação chuvosa; Chuvas abaixo da média; Temperaturas altas e ondas de calor.

c) Horizonte para implementação: Imediato/Curto para manejo de sistema existente; Médio: 1–3 anos para implantação/ampliação.

d) Condições para adoção: Disponibilidade e segurança de abastecimento de água, regularização ambiental, infraestrutura e energia adequadas, viabilidade econômica e manejo baseado em solo, demanda da cultura, condições meteorológicas e estágio de desenvolvimento.

9. Adotar sistemas de drenagem em áreas sujeitas a excesso hídrico

a) Medida recomendada: Adotar sistemas de drenagem superficial ou subsuperficial em áreas sujeitas a excesso hídrico, quando técnica e economicamente viáveis, reduzindo o tempo de permanência da água no solo e os impactos de chuvas intensas, alagamentos e encharcamento.

b) Riscos tratados: Chuvas acima da média; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Imediato/Curto para manutenção; Médio para implantação.

d) Condições para adoção: Diagnóstico do problema de excesso hídrico e dimensionamento técnico conforme solo, relevo, regime de chuvas, cultura e viabilidade econômica, com manutenção periódica das estruturas.

10. Adotar estruturas e práticas de proteção contra eventos climáticos extremos

a) Medida recomendada: Adotar estruturas e práticas de proteção contra eventos climáticos extremos quando técnica e economicamente viáveis, incluindo quebra-ventos, telas antigranizo, estruturas de cultivo protegido, sombreamento e outras tecnologias apropriadas à cultura e ao sistema de produção. A escolha deve considerar o valor da produção, a frequência e a magnitude dos eventos e o custo da proteção.

b) Riscos tratados: Temperaturas altas e ondas de calor; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Imediato/Curto para manejo disponível; Médio para novas estruturas.

d) Condições para adoção: Avaliação da frequência e magnitude do risco, valor da produção, adequação técnica da solução, resistência estrutural, custo de implantação/manutenção e viabilidade econômica.

11. Ajustar adubação e investimentos ao potencial produtivo esperado

a) Medida recomendada: Ajustar a adubação e os demais investimentos em insumos e tecnologias ao potencial produtivo esperado e às condições do ambiente, considerando análise de solo, histórico da área, cultura antecessora, disponibilidade de nutrientes e perspectiva climática. Deve-se evitar investimentos excessivos ou níveis de produtividade pretendidos incompatíveis com as condições ambientais previstas para a safra.

b) Riscos tratados: Atraso da estação chuvosa; Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Análise de solo, histórico da área, cultura antecessora, disponibilidade de nutrientes, perspectiva climática e avaliação econômica do potencial produtivo.

12. Parcelar a adubação nitrogenada quando tecnicamente recomendado

a) Medida recomendada: Parcelar a adubação nitrogenada quando tecnicamente recomendado, especialmente em situações de maior risco de perdas por lixiviação ou desnitrificação, procurando sincronizar a disponibilidade do nutriente com a demanda da cultura e as condições meteorológicas previstas. Em áreas irrigadas, o parcelamento das adubações é facilitado pelo uso do sistema de irrigação para aplicação dos fertilizantes (fertirrigação).

b) Riscos tratados: Chuvas acima da média.

c) Horizonte para implementação: Imediato para ajuste operacional; Curto/Médio, conforme a intervenção, para adequação estrutural.

d) Condições para adoção: Parcelamento tecnicamente recomendado para cultura, dose e sistema; acompanhamento da previsão de chuva e das condições do solo e da cultura antes de cada aplicação. Os parcelamentos das adubações via fertirrigação exigem sistemas de irrigação bem dimensionados e com manutenção adequada.

13. Adotar manejo integrado e planejar aplicações com base no monitoramento e na previsão

a) Medida recomendada: Monitorar a ocorrência de pragas, doenças e plantas daninhas e adotar estratégias de manejo integrado, utilizando controle químico, biológico, cultural ou outras alternativas conforme a necessidade identificada. A necessidade e o momento das aplicações devem considerar o monitoramento da lavoura e a previsão meteorológica de curto prazo, evitando calendários rígidos, aplicações imediatamente antes de chuvas, sob vento elevado ou em condições que comprometam a eficiência da operação e aumentem o risco de deriva ou perdas.

b) Riscos tratados: Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Imediato: até 30 dias.

d) Condições para adoção: Monitoramento sistemático, critérios de intervenção, alternativas de controle disponíveis e previsão meteorológica de curto prazo. Devem ser evitadas aplicações antes de chuva, sob vento elevado ou em condições que reduzam a eficiência ou aumentem deriva e perdas.

14. Monitorar e manejar o risco de ondas de calor e temperaturas extremas

a) Medida recomendada: Monitorar o risco de ondas de calor e temperaturas extremas, especialmente durante fases fenológicas críticas, ajustando, quando possível, o manejo da irrigação, a proteção das culturas e outras operações destinadas a reduzir o impacto do estresse térmico.

b) Riscos tratados: Temperaturas altas e ondas de calor.

c) Horizonte para implementação: Imediato: até 30 dias.

d) Condições para adoção: Acesso a previsões de temperatura, conhecimento das fases críticas da cultura e disponibilidade de água ou de outras medidas de proteção quando tecnicamente e economicamente viáveis.

15. Monitorar a qualidade dos produtos após a colheita

a) Medida recomendada: Monitorar a qualidade dos produtos agrícolas após a colheita, incluindo umidade, deterioração, presença de micotoxinas e outros parâmetros relevantes para a comercialização, especialmente quando as condições meteorológicas forem favoráveis à perda de qualidade.

b) Riscos tratados: Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor.

c) Horizonte para implementação: Imediato: até 30 dias.

d) Condições para adoção: Disponibilidade de métodos para medir umidade e demais parâmetros de qualidade, estrutura de secagem/armazenagem quando necessária e critérios para segregação e comercialização dos lotes.

4.6. Grãos de inverno

As medidas específicas enfatizam a combinação entre posicionamento fenológico, geadas, excesso hídrico, doenças favorecidas por condições úmidas e qualidade pré e pós-colheita. As medidas gerais de gestão permanecem na seção transversal.

1. Escalonar a semeadura e diversificar ciclos de cultivares

a) Medida recomendada: Escalonar as épocas de semeadura e combinar cultivares de diferentes ciclos e perfis de risco, sempre que a escala e a logística da propriedade permitirem. A diversificação genética, fenológica e temporal reduz a concentração do risco climático, evitando que toda a produção atinja simultaneamente fases sensíveis, como espigamento, floração, enchimento de grãos e maturação, durante uma única geada, período chuvoso ou outro evento extremo.

b) Riscos tratados: Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Temperaturas baixas e geada; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Escala e logística que permitam escalonamento, disponibilidade de cultivares de ciclos distintos e compatibilidade das datas com as janelas do Zarc, a capacidade de máquinas, mão de obra e colheita.

2. Selecionar cultivares adaptadas e estáveis

a) Medida recomendada: Selecionar cultivares adaptadas à região e ao sistema de produção e com maior estabilidade produtiva, considerando ciclo, exigência de vernalização quando pertinente, resistência a doenças, tolerância ao acamamento e às geadas, características relacionadas à qualidade dos grãos e capacidade de manter rendimento sob condições adversas. O maior potencial produtivo em condições ideais não deve ser o único critério de escolha.

b) Riscos tratados: Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Temperaturas baixas e geada; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Informações confiáveis sobre adaptação regional, ciclo, vernalização, estabilidade produtiva, resistência a doenças, tolerância a acamamento e geadas e qualidade dos grãos.

3. Planejar a semeadura para reduzir o risco de geadas

a) Medida recomendada: Planejar a época de semeadura e o ciclo das cultivares para reduzir a probabilidade de coincidência entre geadas e fases fenológicas sensíveis, particularmente espigamento e floração. Para grandes áreas de cereais de inverno, estratégias de escape baseadas no posicionamento da cultura e na combinação de ciclos geralmente apresentam maior viabilidade operacional que tentativas de proteção física direta.

b) Riscos tratados: Temperaturas baixas e geada.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Conhecimento do histórico regional de geadas, ciclo e fenologia das cultivares, indicação do Zarc e capacidade de distribuir datas sem comprometer a operação.

4. Ajustar a adubação nitrogenada ao potencial produtivo

a) Medida recomendada: Não utilizar a adubação nitrogenada como mecanismo para compensar uma condição ambiental desfavorável, ajustando as doses ao potencial produtivo, ao histórico da área, à cultura antecessora e à disponibilidade de nutrientes. Em anos com elevada probabilidade de excesso de chuva, considerar o maior risco de perdas de N e a possibilidade de baixa eficiência da adubação.

b) Riscos tratados: Chuvas acima da média.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Conhecimento do potencial produtivo, histórico da área, cultura antecessora, disponibilidade de N no sistema e perspectiva meteorológica.

5. Parcelar a adubação nitrogenada conforme o risco climático

a) Medida recomendada: Parcelar a adubação nitrogenada em cobertura quando as doses e as condições de cultivo justificarem, procurando posicionar o nutriente próximo aos períodos de maior demanda da cultura e evitando aplicações imediatamente antes de chuvas intensas. Essa estratégia reduz a exposição a perdas por lixiviação e desnitrificação.

b) Riscos tratados: Chuvas acima da média.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Dose que justifique parcelamento, previsão meteorológica de curto prazo, capacidade operacional para realizar aplicações em mais de uma etapa e condições adequadas de solo.

6. Ajustar a adubação com base na análise de solo

a) Medida recomendada: Realizar análise de solo e utilizar os resultados para ajustar a adubação de fósforo, potássio, enxofre e demais nutrientes, considerando o estoque existente no solo, a expectativa de rendimento e a cultura de sucessão. A redução de aplicações desnecessárias pode diminuir o custo de produção sem comprometer a produtividade quando os níveis de fertilidade forem adequados.

b) Riscos tratados: Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Análise de solo representativa e atualizada, interpretação técnica dos resultados, definição de expectativa de rendimento e consideração da cultura de sucessão.

7. Adotar rotação de culturas para reduzir doenças

a) Medida recomendada: Utilizar rotação de culturas e evitar o cultivo contínuo de trigo ou a sucessão frequente de cereais de inverno hospedeiros dos mesmos patógenos. Para trigo e outros cereais, a rotação é particularmente importante para reduzir a pressão de manchas foliares, podridões radiculares e outras doenças associadas à permanência de resíduos infectados, além de melhorar a condição fitossanitária da área.

b) Riscos tratados: Chuvas acima da média.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Disponibilidade de espécies alternativas compatíveis com o sistema produtivo, histórico fitossanitário da área e planejamento de rotação que evite sucessões frequentes de hospedeiros dos mesmos patógenos.

8. Utilizar culturas de cobertura e intercalares

a) Medida recomendada: Utilizar culturas de cobertura e culturas intercalares adequadas ao sistema, buscando proteger o solo, melhorar sua estrutura, aumentar a infiltração de água, reduzir erosão e favorecer a ciclagem de nutrientes. A escolha das espécies deve considerar o balanço de água e nutrientes e os possíveis efeitos sobre doenças e pragas da cultura subsequente.

b) Riscos tratados: Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Médio prazo: 1–3 anos.

d) Condições para adoção: Escolha de espécies compatíveis com clima, disponibilidade hídrica, nutrientes, pragas e doenças da cultura subsequente e capacidade operacional para implantação e manejo.

9. Manter cobertura do solo e adotar o Sistema Plantio Direto

a) Medida recomendada: Manter cobertura adequada do solo e adotar sistemas conservacionistas, especialmente o Sistema Plantio Direto, quando tecnicamente recomendado. A palhada reduz o impacto direto das gotas de chuva, o escoamento superficial e a erosão e pode aumentar a infiltração e a conservação de água no solo.

b) Riscos tratados: Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Médio prazo: 1–3 anos.

d) Condições para adoção: Produção e manutenção de palhada suficiente, rotação de culturas adequada, correção de limitações do solo e condução técnica do sistema sem revolvimento desnecessário.

10. Adotar plantio em contorno ou em nível

a) Medida recomendada: Adotar o plantio em contorno ou em nível, acompanhando as curvas de nível do terreno, especialmente em áreas com declividade e maior suscetibilidade à erosão. A prática reduz a velocidade e a concentração do escoamento superficial, favorece a infiltração, diminui o transporte de partículas e nutrientes e deve ser integrada ao Sistema Plantio Direto, à cobertura do solo e, quando tecnicamente indicado, a terraços e outras estruturas de contenção.

b) Riscos tratados: Chuvas acima da média; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Médio prazo: 1–3 anos.

d) Condições para adoção: Áreas com declividade ou suscetibilidade à erosão, dimensionamento conforme relevo e solo e integração com Sistema Plantio Direto, cobertura do solo e, quando necessário, terraços e estruturas de contenção.

11. Evitar operações e semeadura em solo excessivamente úmido

a) Medida recomendada: Evitar operações mecanizadas e a semeadura quando o solo estiver excessivamente úmido, mesmo que a operação esteja dentro da janela recomendada. A entrada de máquinas nessas condições aumenta o risco de compactação, formação de camadas adensadas, problemas de emergência e degradação da estrutura do solo, podendo agravar tanto o excesso quanto a deficiência hídrica.

b) Riscos tratados: Chuvas acima da média.

c) Horizonte para implementação: Imediato: até 30 dias.

d) Condições para adoção: Avaliação da umidade e trafegabilidade do solo e flexibilidade para postergar operações. Mesmo dentro da janela do Zarc, a semeadura não deve ser realizada em condição física inadequada.

12. Manejar o excesso hídrico e melhorar a drenagem

a) Medida recomendada: Priorizar áreas com boa drenagem para culturas sensíveis ao encharcamento e implantar ou recuperar sistemas de drenagem superficial e, quando economicamente justificável, subsuperficial em áreas nas quais o excesso de água constitua risco recorrente. Em terras baixas do Rio Grande do Sul, avaliar sistemas específicos de manejo da água, como o sulco-camalhão, quando tecnicamente indicado.

b) Riscos tratados: Chuvas acima da média.

c) Horizonte para implementação: Imediato/Curto para manejo; Médio para infraestrutura.

d) Condições para adoção: Diagnóstico de áreas com risco recorrente, viabilidade técnica e econômica, dimensionamento adequado da drenagem e, em terras baixas, avaliação de sistemas como sulco-camaleão.

13. Monitorar a umidade do solo durante o ciclo

a) Medida recomendada: Monitorar a umidade do solo durante o ciclo, especialmente em regiões ou épocas em que períodos de deficiência hídrica possam ocorrer. Embora o excesso hídrico seja um dos principais riscos no Sul, períodos de baixa precipitação também podem limitar a produtividade quando coincidem com fases de elevada demanda hídrica.

b) Riscos tratados: Chuvas abaixo da média; Temperaturas altas e ondas de calor.

c) Horizonte para implementação: Imediato: até 30 dias.

d) Condições para adoção: Métodos de monitoramento da umidade do solo, dados meteorológicos ou balanço hídrico e critérios técnicos para interpretar a informação em função do estágio da cultura.

14. Utilizar irrigação suplementar quando viável

a) Medida recomendada: Considerar a irrigação suplementar apenas quando houver viabilidade técnica, econômica e disponibilidade regularizada de água, principalmente em regiões ou sistemas nos quais a deficiência hídrica apresente risco relevante. Para cereais de inverno cultivados em grande escala no Sul, a irrigação geralmente possui menor importância relativa que o manejo do excesso hídrico, mas pode ser estratégica em situações específicas.

b) Riscos tratados: Chuvas abaixo da média; Temperaturas altas e ondas de calor.

c) Horizonte para implementação: Imediato, se já instalada; Médio, para implantação.

d) Condições para adoção: Disponibilidade regularizada e segura de água, viabilidade técnica e econômica, infraestrutura adequada e manejo de irrigação compatível com solo, cultura e demanda atmosférica.

15. Monitorar a ocorrência e a previsão de geadas

a) Medida recomendada: Monitorar a ocorrência de geadas e as previsões de incursões de massas de ar frio, principalmente quando as lavouras estiverem próximas do espigamento e florescimento. O monitoramento deve ser regional e, quando possível, complementado por dados de estações meteorológicas próximas à propriedade.

b) Riscos tratados: Temperaturas baixas e geada.

c) Horizonte para implementação: Imediato: até 30 dias.

d) Condições para adoção: Acesso a previsões de curto prazo e, quando possível, dados meteorológicos locais, com atenção ao estágio fenológico das lavouras.

16. Evitar áreas sujeitas ao acúmulo de ar frio

a) Medida recomendada: Avaliar cuidadosamente a possibilidade de cultivo em áreas sujeitas a acúmulo de ar frio, considerando relevo e microclima. Baixadas e depressões podem apresentar temperaturas mínimas inferiores às observadas em áreas ligeiramente mais elevadas, aumentando o risco de geada.

b) Riscos tratados: Temperaturas baixas e geada.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Conhecimento do relevo, microclima e histórico de geadas da propriedade e disponibilidade de áreas alternativas ou estratégias de posicionamento das culturas.

17. Utilizar cultivares resistentes às principais doenças

a) Medida recomendada: Adotar cultivares com maior resistência genética às principais doenças da região e da cultura, especialmente manchas foliares, ferrugens, oídio, mosaico e doenças de espiga, conforme o cereal considerado. A resistência genética constitui uma das formas mais eficientes de reduzir a dependência do controle químico.

b) Riscos tratados: Chuvas acima da média.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Disponibilidade de cultivares recomendadas com resistência efetiva às doenças relevantes para a região e compatibilidade com ciclo, qualidade e demais características agrônômicas.

18. Adotar manejo integrado da giberela

a) Medida recomendada: Tratar o manejo de giberela como estratégia integrada de prevenção e redução de impacto, combinando cultivar, época de semeadura, escalonamento, rotação, monitoramento meteorológico e controle químico quando indicado. A doença é favorecida por períodos prolongados de chuva e temperaturas adequadas durante o espigamento e florescimento, condições particularmente importantes no Sul do Brasil.

b) Riscos tratados: Chuvas acima da média.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Integração entre cultivar, rotação, época de semeadura, escalonamento, monitoramento meteorológico e controle químico quando indicado, com atenção especial ao espigamento e florescimento.

19. Orientar o manejo fitossanitário pelo risco e pela previsão meteorológica

a) Medida recomendada: Utilizar modelos ou sistemas de previsão de risco de doenças, quando disponíveis, e associá-los ao monitoramento da lavoura e à previsão meteorológica de curto prazo para definir a necessidade e o momento dos tratamentos fitossanitários. Evitar calendários rígidos de pulverização e aplicações imediatamente antes de chuvas, durante períodos de vento elevado ou sob condições inadequadas de temperatura e umidade.

b) Riscos tratados: Chuvas acima da média; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Acesso a modelos de risco quando disponíveis, monitoramento da lavoura, previsão meteorológica de curto prazo e capacidade operacional de ajustar o momento das aplicações.

20. Monitorar a lavoura e diagnosticar precocemente danos e estresses

a) Medida recomendada: Monitorar a lavoura para identificar precocemente sintomas de doenças, pragas e danos relacionados ao clima, associando as observações de campo aos dados meteorológicos. O objetivo é diferenciar problemas causados por patógenos daqueles decorrentes de geada, encharcamento, deficiência nutricional ou estresse fisiológico.

b) Riscos tratados: Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Temperaturas baixas e geada.

c) Horizonte para implementação: Imediato: até 30 dias.

d) Condições para adoção: Vistorias sistemáticas de campo, registro dos sintomas, associação com estágio fenológico e dados meteorológicos e apoio técnico para diagnóstico diferencial.

21. Monitorar a qualidade dos grãos e o risco de micotoxinas

a) Medida recomendada: Monitorar a qualidade dos grãos após a colheita, incluindo peso hectolítrico, umidade, germinação, falling number quando aplicável, grãos danificados e micotoxinas. Quando houver condições favoráveis a doenças de espiga e contaminação, estabelecer protocolos de amostragem, análise, segregação e destinação do produto conforme os padrões de qualidade e a legislação aplicável ao uso pretendido.

b) Riscos tratados: Chuvas acima da média.

c) Horizonte para implementação: Imediato: até 30 dias.

d) Condições para adoção: Capacidade de amostragem e análise, critérios de qualidade definidos, estruturas de segregação e armazenagem e observância dos padrões e da legislação aplicáveis.

4.7. Fruticultura

Em fruticultura, a natureza perene ou semiperene das culturas aumenta a importância da escolha do local, do material genético e das estruturas permanentes de proteção. As medidas transversais de monitoramento, diversificação, avaliação econômica, contingência e transferência de risco devem ser consideradas em conjunto com as medidas específicas abaixo.

4.7.1. Fruticultura de clima temperado

1. Manejar o solo e manter cobertura vegetal em pomares e vinhedos

a) Medida recomendada: Adotar manejo conservacionista do solo, das plantas de cobertura e da vegetação espontânea, buscando aumentar infiltração e retenção de água, matéria orgânica e atividade biológica, reduzir evaporação e estabilizar a temperatura do solo.

b) Riscos tratados: Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Planejamento do manejo do solo e das coberturas, compatibilidade com a espécie frutífera, disponibilidade de biomassa e prevenção de competição excessiva por água.

2. Utilizar coberturas plásticas e telas antigranizo

a) Medida recomendada: Instalar coberturas plásticas ou telas de proteção em pomares e parreirais, quando técnica e economicamente viável, para reduzir danos por chuva intensa e granizo e, conforme o sistema, moderar radiação e vento sobre o dossel.

b) Riscos tratados: Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Imediato/Curto para manejo; Curto/Médio para implantação, conforme escala.

d) Condições para adoção: Viabilidade econômica, projeto estrutural compatível com vento e carga, manejo adequado da ventilação e escolha do material de cobertura conforme cultura e objetivo.

3. Realizar poda verde para reduzir molhamento e favorecer aeração do dossel

a) Medida recomendada: Realizar poda verde em espécies nas quais a prática seja recomendada, melhorando a circulação de ar e a entrada de radiação no interior da copa, de modo a reduzir períodos prolongados de molhamento e condições favoráveis a doenças.

b) Riscos tratados: Chuvas acima da média.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Conhecimento do sistema de condução, época adequada de poda, mão de obra capacitada e integração com o manejo fitossanitário.

4. Utilizar irrigação suplementar para enfrentar períodos secos

a) Medida recomendada: Implantar ou utilizar irrigação suplementar em pomares e vinhedos sujeitos a períodos secos, com prioridade para solos de menor capacidade de armazenamento de água e fases de maior sensibilidade da cultura.

b) Riscos tratados: Atraso da estação chuvosa; Chuvas abaixo da média; Temperaturas altas e ondas de calor.

c) Horizonte para implementação: Imediato/Curto para manejo; Médio para implantação.

d) Condições para adoção: Disponibilidade regularizada e segura de água, viabilidade econômica, sistema bem dimensionado e manejo baseado na demanda da cultura e na condição hídrica do solo.

5. Selecionar porta-enxertos, cultivares e mudas adaptados

a) Medida recomendada: Na implantação ou renovação dos pomares, selecionar cultivares e porta-enxertos adaptados às condições regionais e mais tolerantes aos principais estresses climáticos, utilizando mudas de procedência certificada e padrão genético, morfológico e sanitário adequado.

b) Riscos tratados: Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Temperaturas baixas e geada.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Disponibilidade de material recomendado e certificado, informação sobre exigência de frio, tolerância a estresses, adaptação regional e compatibilidade copa-porta-enxerto.

6. Evitar novos plantios em áreas marginais quanto à disponibilidade de frio

a) Medida recomendada: Evitar a implantação de cultivares de alta exigência de frio hibernal em áreas que já apresentem condição marginal de acúmulo de frio, considerando o histórico e a tendência de aumento da temperatura.

b) Riscos tratados: Temperaturas altas e ondas de calor.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Conhecimento da exigência de frio das cultivares, histórico térmico local, informações agroclimáticas e alternativas de área ou material genético.

7. Planejar novos pomares respeitando relevo e convergência hídrica

a) Medida recomendada: Localizar talhões, acessos, reservatórios e estruturas de apoio de modo a respeitar linhas naturais de convergência hídrica e evitar continuidade de plantios sobre caminhos preferenciais de escoamento em encostas, mantendo ou recompondo vegetação protetora quando indicada.

b) Riscos tratados: Chuvas acima da média; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Médio prazo: 1–3 anos.

d) Condições para adoção: Levantamento topográfico e do relevo, diagnóstico de drenagem e erosão, planejamento integrado da propriedade e orientação técnica para implantação.

8. Utilizar irrigação por aspersão para proteção contra geadas quando apropriado

a) Medida recomendada: Empregar irrigação por aspersão como medida de proteção contra geadas tardias em espécies e sistemas nos quais a técnica seja comprovadamente adequada, especialmente em prunáceas.

b) Riscos tratados: Temperaturas baixas e geada.

c) Horizonte para implementação: Médio prazo: 1–3 anos.

d) Condições para adoção: Disponibilidade de água e energia, sistema com vazão e uniformidade suficientes, conhecimento técnico do acionamento e monitoramento meteorológico local.

9. Recuperar a copa após danos de tempestades severas

a) Medida recomendada: Após tempestades que provoquem danos mecânicos, realizar avaliação e, quando necessário, podas de recuperação para eliminar ramos danificados e restabelecer a arquitetura produtiva das fruteiras perenes.

b) Riscos tratados: Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Diagnóstico da intensidade do dano, conhecimento de poda e condução, condições fitossanitárias e avaliação da capacidade de recuperação das plantas.

4.7.2. Fruticultura de clima tropical

1. Utilizar irrigação complementar e ajustar o manejo hídrico

a) Medida recomendada: Utilizar irrigação complementar para estabelecimento das mudas e manutenção da produção e qualidade em fases críticas, ajustando lâmina e frequência às condições atmosféricas, à umidade do solo e ao estado da planta.

b) Riscos tratados: Atraso da estação chuvosa; Chuvas abaixo da média; Temperaturas altas e ondas de calor.

c) Horizonte para implementação: Imediato/Curto para manejo; Médio para implantação.

d) Condições para adoção: Fonte de água segura e regularizada, sistema dimensionado, monitoramento de solo e atmosfera e capacidade de manejo da irrigação.

2. Proteger frutos e folhas contra excesso de radiação e calor

a) Medida recomendada: Utilizar, quando tecnicamente indicado, ensacamento de frutos, protetores solares, sombreamento ou telas para reduzir queimaduras, perdas de qualidade e estresse por radiação e calor.

b) Riscos tratados: Temperaturas altas e ondas de calor.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Validação para a espécie e cultivar, definição correta de material, dose ou nível de sombreamento e análise de custo-benefício.

3. Selecionar cultivares e porta-enxertos adaptados na implantação

a) Medida recomendada: Para cultivos perenes ou semiperenes em implantação, escolher cultivares e porta-enxertos adaptados à região e mais tolerantes aos estresses climáticos relevantes.

b) Riscos tratados: Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Material genético recomendado, compatibilidade com ambiente e mercado, disponibilidade de mudas de qualidade e informação técnica sobre tolerância.

4. Utilizar estruturas de proteção em fases sensíveis

a) Medida recomendada: Instalar telas ou coberturas plásticas, quando viáveis, para reduzir luminosidade e calor excessivos ou limitar danos de chuvas intensas em fases sensíveis como floração e maturação.

b) Riscos tratados: Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Médio prazo: 1–3 anos.

d) Condições para adoção: Estrutura corretamente dimensionada e ancorada, ventilação adequada, compatibilidade com a cultura e viabilidade econômica.

4.7.3. Fruticultura de clima subtropical

1. Orientar o manejo fitossanitário pelo monitoramento climático

a) Medida recomendada: Intensificar o monitoramento e ajustar práticas fitossanitárias em função de temperatura, umidade, chuva e vento, especialmente em períodos mais favoráveis ao desenvolvimento de doenças em frutíferas subtropicais.

b) Riscos tratados: Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Monitoramento meteorológico e da cultura, diagnóstico correto, cultivares e práticas de manejo disponíveis e assistência técnica.

2. Manter cobertura do solo e controlar compactação

a) Medida recomendada: Adotar manejo conservacionista com cobertura vegetal e prevenção da compactação nos pomares, preservando infiltração, armazenamento de água e desenvolvimento radicular.

b) Riscos tratados: Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Médio prazo: 1–3 anos.

d) Condições para adoção: Manejo compatível com solo, relevo e sistema de produção, cobertura suficiente e controle do tráfego de máquinas.

3. Implantar irrigação suplementar onde houver deficiência hídrica recorrente

a) Medida recomendada: Utilizar irrigação suplementar em regiões e períodos com menor disponibilidade hídrica, especialmente quando a limitação de água coincide com temperaturas elevadas e compromete produtividade e qualidade.

b) Riscos tratados: Atraso da estação chuvosa; Chuvas abaixo da média; Temperaturas altas e ondas de calor.

c) Horizonte para implementação: Imediato/Curto para manejo; Médio para implantação.

d) Condições para adoção: Água disponível e regularizada, viabilidade econômica, sistema dimensionado e manejo técnico.

4. Manter drenagem eficiente em áreas sujeitas a excesso hídrico

a) Medida recomendada: Implantar ou manter drenagem adequada em pomares sujeitos a excesso de água, reduzindo o tempo de saturação do solo e as condições que favorecem danos radiculares e problemas fitossanitários.

b) Riscos tratados: Chuvas acima da média; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Médio prazo: 1–3 anos.

d) Condições para adoção: Diagnóstico do excesso hídrico, dimensionamento conforme solo e relevo, manutenção das estruturas e viabilidade econômica.

5. Ajustar densidade e manejo cultural de bananeiras

a) Medida recomendada: Realizar desbaste adequado, controlar densidade e remover folhas contaminadas, integrando essas práticas à escolha de variedades com maior resistência para reduzir a vulnerabilidade do pomar em períodos climaticamente favoráveis a doenças.

b) Riscos tratados: Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Mão de obra capacitada, material genético apropriado, monitoramento fitossanitário e descarte adequado de material contaminado.

4.8. Silvicultura

Além das medidas transversais, a silvicultura exige atenção específica à prevenção de incêndios, planejamento da paisagem, estabilidade dos povoamentos, estradas e conservação do solo e da água ao longo de ciclos produtivos extensos. Em sistemas florestais nativos, agroflorestais e agroextrativistas, a diversidade estrutural, o microclima, a regeneração e a manutenção dos processos ecológicos também influenciam diretamente a resiliência aos extremos climáticos.

1. Planejar e manter sistema de prevenção e combate a incêndios

a) Medida recomendada: Manter plano formal de prevenção e combate a incêndios, com aceiros e faixas de contenção, manejo de material combustível, equipamentos e ferramentas em quantidade compatível com o risco, além de protocolos de acionamento de brigadas e apoio externo.

b) Riscos tratados: Atraso da estação chuvosa; Chuvas abaixo da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Imediato/Curto para preparação operacional; Médio para ampliação estrutural.

d) Condições para adoção: Mapeamento de áreas de maior perigo, equipe treinada, manutenção permanente de aceiros e equipamentos, comunicação e articulação com serviços externos de resposta.

2. Planejar estradas, drenagem e desenho dos talhões para reduzir enxurradas

a) Medida recomendada: Planejar e manter estradas principais e secundárias, drenagem e desenho dos talhões de forma a reduzir concentração de escoamento, perda de sedimentos e interrupções operacionais durante chuvas intensas.

b) Riscos tratados: Chuvas acima da média; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Médio prazo: 1–3 anos.

d) Condições para adoção: Levantamento do relevo e da rede de drenagem, projeto de estradas, manutenção preventiva e integração entre planejamento silvicultural e conservação do solo e da água.

3. Programar operações silviculturais para escapar de períodos de maior risco

a) Medida recomendada: Organizar cronogramas alternativos de plantio, tratos culturais, colheita e transporte para reduzir a exposição de equipes, máquinas e povoamentos aos períodos com maior probabilidade de condições meteorológicas adversas.

b) Riscos tratados: Atraso da estação chuvosa; Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Temperaturas baixas e geada; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Previsões e histórico climático, flexibilidade operacional, disponibilidade de equipes e máquinas e definição prévia de atividades passíveis de antecipação ou postergação.

4. Orientar talhões e utilizar barreiras para reduzir exposição ao vento

a) Medida recomendada: Planejar a orientação e o desenho dos talhões e, quando indicado, utilizar bordaduras ou quebra-ventos para reduzir exposição aos ventos dominantes e diminuir tombamento, quebra de fustes e propagação de danos.

b) Riscos tratados: Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Médio prazo: 1–3 anos.

d) Condições para adoção: Conhecimento do regime de ventos, topografia, espécie, espaçamento e compatibilidade do desenho com operações silviculturais e prevenção de incêndios.

5. Utilizar mudas vigorosas e materiais genéticos adaptados

a) Medida recomendada: Produzir ou adquirir mudas de alta qualidade, com padrão sanitário adequado, e selecionar materiais genéticos adaptados às condições ambientais e aos estresses climáticos predominantes na região.

b) Riscos tratados: Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Temperaturas baixas e geada; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Material genético recomendado, viveiro com controle de qualidade, conhecimento da adaptação regional e planejamento de implantação.

6. Corrigir limitações físicas do solo antes do plantio quando diagnosticadas

a) Medida recomendada: Realizar preparo mecânico localizado, como subsolagem, somente quando houver diagnóstico de camadas compactadas, buscando favorecer aprofundamento e distribuição do sistema radicular e melhorar a infiltração de água.

b) Riscos tratados: Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Diagnóstico físico do solo, definição correta de profundidade e época de operação, umidade adequada e equipamentos compatíveis.

7. Manter resíduos de colheita e práticas conservacionistas no solo

a) Medida recomendada: Manter, sempre que possível, parte dos resíduos da colheita florestal distribuída sobre o solo e integrar outras práticas conservacionistas para proteger a superfície, reduzir erosão e conservar água.

b) Riscos tratados: Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Planejamento da colheita e distribuição de resíduos, avaliação de riscos fitossanitários e de incêndio e compatibilidade com as operações subsequentes.

8. Restaurar e manejar vegetação protetora em áreas sensíveis da paisagem

a) Medida recomendada: Recuperar ou manejar, de forma ecologicamente orientada, vegetação em áreas de conservação, linhas de drenagem e setores mais suscetíveis a erosão ou propagação de fogo, aumentando heterogeneidade da paisagem, infiltração e retenção de água.

b) Riscos tratados: Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Médio prazo: 1–3 anos.

d) Condições para adoção: Diagnóstico ambiental, adequação às condições de solo, relevo e clima, escolha de espécies compatíveis e planejamento de restauração e manutenção.

9. Manter diversidade estrutural e microclimática em sistemas agroflorestais e agroextrativistas amazônicos

a) Medida recomendada: Conservar e manejar a diversidade de espécies e estratos vegetais em sistemas agroflorestais, agroextrativistas e de manejo da floresta nativa, evitando simplificação excessiva do dossel e da composição florística. Manter sombreamento e cobertura capazes de moderar temperatura e demanda evaporativa, proteger o solo e sustentar polinizadores e outros processos ecológicos, ajustando a densidade arbórea para que a proteção microclimática não resulte em competição excessiva por água nos períodos de seca severa.

b) Riscos tratados: Atraso da estação chuvosa; Chuvas abaixo da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Médio prazo: 1–3 anos.

d) Condições para adoção: Diagnóstico da estrutura e composição do sistema, conhecimento da resposta das espécies ao sombreamento e à deficiência hídrica, manutenção de espécies de suporte à polinização e à biodiversidade, avaliação da competição por água, orientação técnica e observância das normas aplicáveis ao manejo da vegetação nativa.

10. Planejar a renovação e a regeneração de sistemas perenes vulneráveis

a) Medida recomendada: Planejar a renovação gradual de populações perenes, povoamentos antigos e sistemas agroextrativistas que apresentem mortalidade, declínio produtivo, baixa capacidade de recuperação ou elevada vulnerabilidade aos extremos climáticos. Combinar, conforme o sistema, condução da regeneração natural, enriquecimento, replantio ou substituição seletiva de indivíduos, buscando manter diversidade etária e genética e reduzir a concentração de plantas em condições de maior vulnerabilidade. A idade isoladamente não deve ser utilizada como critério para remoção.

b) Riscos tratados: Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Longo prazo: >3 anos.

d) Condições para adoção: Diagnóstico do estado fitossanitário, produtivo e estrutural das populações, avaliação da mortalidade e da capacidade de regeneração, disponibilidade de sementes ou mudas de origem adequada, planejamento para manter produção e funções ecológicas durante a transição e orientação técnica para evitar intervenções desnecessárias ou redução da diversidade.

4.9. Olericultura

A elevada sensibilidade de muitas hortaliças a extremos térmicos e hídricos e a intensidade de manejo tornam especialmente importantes as decisões de calendário, água, microclima e fitossanidade.

1. Ajustar calendário, diversificar plantios e utilizar materiais adaptados

a) Medida recomendada: Evitar, sempre que possível, a coincidência entre estádios sensíveis e períodos de maior risco, escalonar plantios e diversificar espécies e cultivares, priorizando materiais com maior estabilidade sob calor, seca, excesso hídrico ou outras limitações climáticas relevantes.

b) Riscos tratados: Atraso da estação chuvosa; Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Temperaturas baixas e geada.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Disponibilidade de materiais adaptados, compatibilidade com mercado e calendário, capacidade operacional e informação regional sobre épocas de maior risco.

2. Integrar manejo da água, do solo e da drenagem

a) Medida recomendada: Monitorar umidade ou potencial da água no solo e demanda atmosférica, melhorar a eficiência da irrigação, conservar água, manter cobertura e prevenir compactação, utilizando canteiros elevados e drenagem quando o risco predominante justificar.

b) Riscos tratados: Atraso da estação chuvosa; Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Imediato para manejo; Curto/Médio para intervenções físicas.

d) Condições para adoção: Diagnóstico do solo e do regime hídrico, fonte de água segura quando irrigada, estrutura de drenagem adequada e capacidade de monitoramento e manejo.

3. Manejar o microclima e reduzir exposição aos extremos

a) Medida recomendada: Utilizar sombreamento, ventilação, nebulização, resfriamento evaporativo ou estruturas de proteção de acordo com a cultura, buscando reduzir exposição excessiva a calor, radiação, chuva intensa e granizo.

b) Riscos tratados: Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Imediato/Curto para operação; Médio para implantação.

d) Condições para adoção: Dimensionamento para a cultura e clima local, ventilação adequada, qualidade estrutural e disponibilidade de água e energia quando requeridas.

4. Intensificar o manejo fitossanitário orientado pelo risco

a) Medida recomendada: Ajustar frequência de monitoramento e medidas de controle às condições de temperatura, umidade, molhamento, chuva e vento, evitando calendários rígidos e priorizando intervenções quando o risco climático favorecer pragas ou doenças.

b) Riscos tratados: Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Monitoramento sistemático, diagnóstico correto, previsão meteorológica, alternativas de controle disponíveis e assistência técnica.

5. Validar tecnologias complementares antes da adoção ampla

a) Medida recomendada: Avaliar bioestimulantes, microrganismos promotores de crescimento, micorrizas, extratos vegetais e outras tecnologias complementares somente quando houver evidência e validação para a cultura, condição de estresse e sistema de produção.

b) Riscos tratados: Chuvas abaixo da média; Temperaturas altas e ondas de calor.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Evidência técnica, produto regularizado quando aplicável, orientação profissional, teste em escala compatível e avaliação econômica.

4.10. Pastagens e pecuária

As medidas específicas concentram-se em segurança alimentar e hídrica, ajuste de lotação, conforto térmico, conservação de forragem, saúde animal e manejo de instalações. Incêndios, escassez de alimento, lama, estresse térmico e problemas sanitários são tratados como consequências dos riscos climáticos transversais. A aplicação deve considerar as particularidades regionais dos sistemas pastoris, incluindo o manejo sustentável da vegetação nativa e estratégias específicas de convivência com a escassez hídrica no Semiárido.

1. Elaborar planejamento alimentar e orçamento forrageiro

a) Medida recomendada: Elaborar e atualizar o planejamento alimentar do rebanho com base na demanda prevista de matéria seca e nutrientes e na oferta esperada de pastagem, forragens conservadas e suplementos, incorporando cenários de seca, atraso das chuvas, excesso hídrico, frio ou outros eventos que possam reduzir a produção de forragem.

b) Riscos tratados: Atraso da estação chuvosa; Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Temperaturas baixas e geada.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Estimativas realistas de número e categoria dos animais, consumo, disponibilidade e produtividade das pastagens, estoques de alimentos e acesso a alimentos concentrados e outros tipos de suplemento e custos de suplementação.

2. Ajustar a lotação à capacidade de suporte

a) Medida recomendada: Ajustar a taxa de lotação e a distribuição dos animais à capacidade de suporte das pastagens, reduzindo antecipadamente a pressão de pastejo quando a produção de forragem estiver abaixo do esperado ou quando houver previsão de agravamento do déficit hídrico.

b) Riscos tratados: Atraso da estação chuvosa; Chuvas abaixo da média; Temperaturas altas e ondas de calor.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Estimativa da massa de forragem, acompanhamento da condição corporal dos animais, flexibilidade para movimentar, suplementar ou comercializar animais e definição prévia de limites de lotação.

3. Selecionar forrageiras adaptadas ao ambiente

a) Medida recomendada: Selecionar espécies, cultivares e combinações de forrageiras adaptadas ao solo, clima e sistema de produção, considerando tolerância à seca, calor, frio, geadas, excesso hídrico, pragas e doenças e capacidade de recuperação após estresses.

b) Riscos tratados: Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Temperaturas baixas e geada.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Diagnóstico de solo e clima, informações agronômicas confiáveis sobre as cultivares, disponibilidade de sementes ou mudas e compatibilidade com manejo, categoria animal e objetivos produtivos.

4. Diversificar a base forrageira

a) Medida recomendada: Diversificar a base alimentar com diferentes espécies, cultivares, ciclos e formas de produção de forragem, incluindo pastagens perenes e anuais, consórcios gramínea-leguminosa, áreas de reserva, cultivos para silagem ou feno e, quando apropriado, sistemas integrados. Em regiões semiáridas, considerar recursos forrageiros adaptados à elevada restrição hídrica, como cactáceas, espécies xerófitas e, quando tecnicamente validadas, espécies tolerantes à salinidade, inclusive em sistemas que permitam o aproveitamento seguro de água bioessalina.

b) Riscos tratados: Atraso da estação chuvosa; Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Temperaturas baixas e geada.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Área, máquinas, mão de obra e conhecimento técnico para manejar diferentes componentes; escolha de espécies compatíveis com a aptidão regional e o calendário alimentar; e, no caso de cactáceas, espécies xerófitas, halófitas ou uso de água bioessalina, validação agrônômica e nutricional, controle de salinidade, qualidade da água e do solo e manejo que evite degradação ambiental.

5. Manejar o pastejo para preservar a resiliência

a) Medida recomendada: Adotar manejo do pastejo compatível com as características da forrageira, evitando superpastejo e períodos de ocupação ou descanso inadequados, especialmente antes e durante estiagens, ondas de calor, geadas ou recuperação após eventos extremos.

b) Riscos tratados: Chuvas abaixo da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Temperaturas baixas e geada.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Conhecimento de princípios básicos de manejo de pastagens, disponibilidade de divisões e pontos de água adequados e capacidade de ajustar lotação, ocupação e descanso.

6. Manejar a Caatinga para uso pastoril sustentável

a) Medida recomendada: Adotar, quando tecnicamente indicadas, práticas de manejo da vegetação nativa da Caatinga que aumentem a oferta e a estabilidade de forragem sem comprometer a biodiversidade, o solo e a capacidade de regeneração do ecossistema. As intervenções podem incluir raleamento seletivo para favorecer o estrato herbáceo, rebaixamento de espécies forrageiras lenhosas e enriquecimento ou recomposição com espécies nativas ou naturalizadas de valor

forrageiro, sempre evitando supressão indiscriminada e ajustando a intensidade de uso à capacidade de suporte.

b) Riscos tratados: Atraso da estação chuvosa; Chuvas abaixo da média; Temperaturas altas e ondas de calor.

c) Horizonte para implementação: Médio prazo: 1–3 anos.

d) Condições para adoção: Diagnóstico da vegetação e da capacidade de suporte, identificação correta das espécies, planejamento do pastejo, orientação técnica especializada, respeito aos limites de intervenção sobre a vegetação nativa e obtenção das autorizações ambientais quando exigidas. O manejo deve preservar cobertura do solo, regeneração, biodiversidade e disponibilidade forrageira ao longo do ciclo anual.

7. Manter fertilidade e condição física do solo

a) Medida recomendada: Corrigir limitações químicas e físicas do solo e planejar a adubação das pastagens de acordo com análise de solo, potencial produtivo, disponibilidade hídrica e expectativa de resposta, evitando investimentos incompatíveis com o ambiente previsto.

b) Riscos tratados: Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Análise de solo, diagnóstico de compactação e drenagem, recomendação técnica e viabilidade econômica compatível com a produtividade esperada.

8. Produzir e manter reservas de forragem conservada

a) Medida recomendada: Aumentar, quando necessário, a produção e o estoque de silagem, feno, pré-secado ou outras formas de forragem conservada, dimensionando a reserva para cobrir períodos de menor crescimento das pastagens e cenários de eventos climáticos adversos.

b) Riscos tratados: Atraso da estação chuvosa; Chuvas abaixo da média; Temperaturas baixas e geada.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Área ou fornecedores de forragem, capacidade de colheita, conservação e armazenagem, controle de perdas e dimensionamento do estoque segundo número de animais e duração estimada do déficit, incluindo, preferencialmente, uma folga para enfrentar eventual subestimativa da severidade do evento.

9. Implantar bancos de forragem e áreas de reserva

a) Medida recomendada: Implantar ou manter áreas estratégicas destinadas à produção de forragem de maior segurança em períodos críticos, como capineiras, cana-de-açúcar, culturas anuais, leguminosas ou outras alternativas adaptadas à região.

b) Riscos tratados: Atraso da estação chuvosa; Chuvas abaixo da média; Temperaturas baixas e geada.

c) Horizonte para implementação: Médio prazo: 1–3 anos.

d) Condições para adoção: Seleção de espécies apropriadas, área, água, fertilidade do solo, máquinas, mão de obra e planejamento de corte, transporte e fornecimento.

10. Adotar suplementação alimentar estratégica

a) Medida recomendada: Adotar suplementação com volumosos, concentrados, suplementos protéicos, energéticos ou minerais de acordo com a categoria animal, qualidade da dieta basal e objetivo produtivo, ampliando a suplementação quando necessário e economicamente justificável em períodos de escassez ou baixa qualidade da pastagem.

b) Riscos tratados: Atraso da estação chuvosa; Chuvas abaixo da média; Temperaturas baixas e geada.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Diagnóstico nutricional, disponibilidade e preço dos suplementos, disponibilidade adequada de cochos, logística de fornecimento e avaliação econômica do ganho esperado.

11. Utilizar alimentos alternativos e subprodutos com segurança

a) Medida recomendada: Avaliar o uso de subprodutos agroindustriais, coprodutos, resíduos agropecuários e outras fontes regionais de alimento para ampliar as opções de suplementação, desde que apresentem segurança sanitária, sejam realizadas análises laboratoriais para avaliar sua composição e viabilidade logística e econômica.

b) Riscos tratados: Chuvas abaixo da média.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Análise bromatológica e sanitária, formulação técnica da dieta, regularidade de oferta, condições de transporte, armazenamento e distribuição e ausência de contaminantes ou restrições de uso.

12. Garantir segurança no abastecimento de água

a) Medida recomendada: Dimensionar e manter fontes, reservatórios, bebedouros, tubulações e sistemas de distribuição de água de forma compatível com o número de animais, a demanda nas épocas mais quentes e a possibilidade de redução da disponibilidade hídrica. Em regiões de maior restrição hídrica, considerar, quando tecnicamente apropriados, captação e armazenamento de água de chuva, cisternas, pequenos reservatórios, barragens subterrâneas e outras estruturas descentralizadas. O reuso de água ou o aproveitamento de fontes salobras somente deve ocorrer quando a qualidade for compatível com a finalidade, houver tratamento ou manejo adequado e forem atendidos os requisitos ambientais e sanitários.

b) Riscos tratados: Atraso da estação chuvosa; Chuvas abaixo da média; Temperaturas altas e ondas de calor.

c) Horizonte para implementação: Imediato/Curto para manejo; Médio/Longo para novas estruturas.

d) Condições para adoção: Estimativa de consumo por categoria animal e cenários climáticos, fonte de água segura e regularizada, capacidade de armazenamento, redundância de pontos críticos e manutenção preventiva. Estruturas de captação e reservação devem ser dimensionadas para a oferta local de chuva e demanda do rebanho; reuso e fontes salobras exigem monitoramento da qualidade da água, controle de salinidade e conformidade ambiental e sanitária.

13. Adequar bebedouros, cochos, currais e instalações

a) Medida recomendada: Adequar a localização, capacidade, drenagem e manutenção de bebedouros, cochos, currais, confinamentos, corredores e demais instalações para reduzir filas, lama, contaminação, acidentes e dificuldades de manejo durante eventos climáticos adversos.

b) Riscos tratados: Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Médio prazo: 1–3 anos.

d) Condições para adoção: Diagnóstico dos gargalos de infraestrutura, dimensionamento pelo número e categoria de animais, drenagem adequada, disponibilidade financeira e manutenção programada.

14. Ampliar sombra e conforto térmico

a) Medida recomendada: Disponibilizar sombra suficiente nos ambientes de permanência dos animais, utilizando arborização, sistemas silvipastoris ou estruturas artificiais, como sombrites, conforme o sistema e a viabilidade técnica.

b) Riscos tratados: Temperaturas altas e ondas de calor.

c) Horizonte para implementação: Imediato/Curto para uso/ajuste; Médio/Longo para arborização e estruturas permanentes.

d) Condições para adoção: Dimensionamento adequado da área sombreada, localização que não concentre excessivamente lama e dejetos, disponibilidade de água próxima e compatibilidade das espécies arbóreas com o sistema.

15. Adotar sistemas silvipastoris quando apropriado

a) Medida recomendada: Implantar sistemas silvipastoris ou outras formas de integração com árvores quando tecnicamente e economicamente adequadas, buscando combinar produção de forragem, conforto térmico, conservação do solo e diversificação produtiva.

b) Riscos tratados: Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor.

c) Horizonte para implementação: Médio prazo: 1–3 anos.

d) Condições para adoção: Escolha adequada de espécies e arranjos, manejo de competição por água e luz, proteção das árvores jovens, planejamento de pastejo e viabilidade econômica.

16. Selecionar genética animal adaptada

a) Medida recomendada: Selecionar raças, linhagens ou cruzamentos com adaptação ao ambiente de produção, considerando tolerância ao calor, resistência ou tolerância a parasitas e doenças, eficiência alimentar, características reprodutivas e desempenho compatível com a disponibilidade de recursos.

b) Riscos tratados: Temperaturas altas e ondas de calor.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Objetivos produtivos claros, registros de desempenho, oferta de genética adaptada e avaliação conjunta de produtividade, rusticidade, reprodução e exigência nutricional.

17. Manejar animais para reduzir estresse térmico

a) Medida recomendada: Reorganizar horários de manejo, transporte, vacinação, pesagem e movimentação dos animais durante ondas de calor, priorizando períodos mais amenos e reduzindo tempo de espera, aglomeração e movimentação desnecessária.

b) Riscos tratados: Temperaturas altas e ondas de calor.

c) Horizonte para implementação: Imediato: até 30 dias.

d) Condições para adoção: Monitoramento de temperatura e condições de conforto, disponibilidade de água e sombra e flexibilidade de mão de obra e logística para alterar horários.

18. Planejar manejo para frio intenso e geadas

a) Medida recomendada: Adotar medidas específicas para períodos de frio intenso e geadas, priorizando categorias mais vulneráveis, disponibilizando abrigo ou quebra-vento quando necessário e garantindo alimento e água em condições adequadas.

b) Riscos tratados: Chuvas abaixo da média; Temperaturas baixas e geada; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Imediato para manejo; Médio para infraestrutura.

d) Condições para adoção: Identificação de categorias vulneráveis, previsão meteorológica, áreas de abrigo ou proteção, reserva alimentar e capacidade de manejo diferenciado.

19. Utilizar confinamento ou semi-confinamento de forma estratégica

a) Medida recomendada: Utilizar confinamento, semi-confinamento ou outras formas de intensificação alimentar temporária quando a análise econômica indicar que o custo adicional da estratégia é inferior às perdas que seriam esperadas com a manutenção dos animais sobre pastagens insuficientes.

b) Riscos tratados: Atraso da estação chuvosa; Chuvas abaixo da média.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Disponibilidade e preço dos alimentos, instalações adequadas, água, mão de obra, sanidade, manejo de dejetos e análise econômica comparando o custo da estratégia com as perdas esperadas nas alternativas disponíveis.

20. Utilizar serviço terceirizado de engorda quando viável

a) Medida recomendada: Em anos atípicos ou de adversidade climática, avaliar o uso temporário de serviços terceirizados de engorda, como boitel, para retirar categorias de maior demanda das pastagens durante períodos críticos, quando essa alternativa apresentar viabilidade econômica e operacional.

b) Riscos tratados: Atraso da estação chuvosa; Chuvas abaixo da média.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Oferta regional do serviço, custo total, desempenho esperado, condições sanitárias e contratuais, transporte e comparação com alternativas de suplementação ou venda.

21. Reduzir lotação por venda ou transferência antecipada

a) Medida recomendada: Definir previamente critérios para venda, descarte, desmama antecipada, transferência ou redução de categorias animais quando a disponibilidade de forragem e água indicar risco elevado de déficit prolongado.

b) Riscos tratados: Atraso da estação chuvosa; Chuvas abaixo da média.

c) Horizonte para implementação: Imediato: até 30 dias.

d) Condições para adoção: Monitoramento de estoques e pastagem, definição de gatilhos de decisão, mercado ou destino para os animais, logística de transporte e análise econômica.

22. Manejar excesso hídrico, lama e drenagem

a) Medida recomendada: Implantar ou manter drenagem, pisos, áreas de descanso, corredores e pontos de alimentação que reduzam acúmulo de água e lama em currais, confinamentos, cochos e locais de maior concentração animal. Estabelecer rotina de limpeza e remoção de esterco das instalações.

b) Riscos tratados: Chuvas acima da média; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Imediato/Curto para rotina operacional; Médio para infraestrutura.

d) Condições para adoção: Diagnóstico de drenagem, dimensionamento das estruturas, destinação adequada da água e dejetos, disponibilidade de material e viabilidade econômica.

23. Prevenir incêndios em pastagens

a) Medida recomendada: Adotar estratégias para reduzir o risco de incêndio, incluindo manejo da biomassa seca por pastejo ou corte, manutenção de aceiros, controle de fontes de ignição, conservação de acessos, planos de evacuação dos animais e definição de pontos de água e equipamentos para primeira resposta.

b) Riscos tratados: Chuvas abaixo da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Médio prazo: 1–3 anos.

d) Condições para adoção: Mapeamento de áreas de maior risco, aceiros dimensionados e mantidos, controle seguro do material combustível, acessos desobstruídos, água disponível e procedimentos de emergência definidos.

24. Monitorar saúde e condição corporal do rebanho

a) Medida recomendada: Intensificar o monitoramento da condição corporal, consumo, comportamento, desempenho, mortalidade e ocorrência de doenças e parasitas durante e após eventos climáticos adversos.

b) Riscos tratados: Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Temperaturas baixas e geada.

c) Horizonte para implementação: Imediato: até 30 dias.

d) Condições para adoção: Rotina de observação e registros, protocolos sanitários, assistência veterinária quando necessária e integração dos achados com informações de alimentação, água e clima.

4.11. Culturas industriais (café, mandioca, cana e citros)

Neste documento, o segmento de culturas industriais compreende culturas agrícolas cuja produção apresenta forte vinculação com cadeias de beneficiamento, processamento e transformação agroindustrial, embora parte da produção também possa ser destinada ao consumo direto. Incluem-se, neste grupo, café, cana-de-açúcar, mandioca e citros.

Estas culturas possuem características biológicas, ciclos produtivos e sistemas de manejo bastante distintos, mas que apresentam forte relação entre condições climáticas, produtividade e qualidade da matéria-prima destinada ao processamento ou à comercialização.

4.11.1. Medidas agronômicas aplicáveis de forma geral

1. Selecionar materiais genéticos adaptados e estáveis

a) Medida recomendada: Selecionar cultivares, clones ou variedades adaptadas às condições edafoclimáticas da região e ao sistema de produção, considerando estabilidade produtiva, ciclo, tolerância à seca, calor, frio, geadas, excesso hídrico, doenças e demais estresses relevantes.

b) Riscos tratados: Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Temperaturas baixas e geada.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Informações técnicas confiáveis sobre adaptação regional e desempenho, disponibilidade de material propagativo de qualidade e compatibilidade com o sistema de manejo e mercado.

2. Diversificar materiais, áreas e épocas de implantação

a) Medida recomendada: Diversificar cultivares, clones ou variedades, áreas e, quando tecnicamente possível, épocas de implantação, evitando concentrar toda a produção em materiais com o mesmo ciclo, perfil de risco ou resposta a estresses climáticos.

b) Riscos tratados: Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Temperaturas baixas e geada; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Escala da propriedade, disponibilidade de materiais, logística, mercado, mão de obra e compatibilidade com colheita, processamento e renovação.

3. Conservar o solo e manter cobertura adequada

a) Medida recomendada: Adotar sistemas conservacionistas, manter cobertura vegetal ou palhada e reduzir períodos de solo exposto, especialmente em áreas suscetíveis à erosão, perda de água e aquecimento superficial. Durante a renovação de canaviais e em outros sistemas nos quais seja tecnicamente apropriado, utilizar plantas de cobertura para proteger e reestruturar o solo e favorecer a conservação de umidade.

b) Riscos tratados: Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Médio prazo: 1–3 anos.

d) Condições para adoção: Escolha de espécies de cobertura compatíveis com a cultura e o ambiente, disponibilidade de biomassa, manejo adequado da competição por água e nutrientes e integração com outras práticas conservacionistas.

4. Adotar plantio em contorno e controle de erosão

a) Medida recomendada: Adotar plantio em contorno ou em nível e, quando necessário, terraços, canais vegetados ou outras estruturas de controle do escoamento em áreas com declividade ou histórico de erosão.

b) Riscos tratados: Chuvas acima da média; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Médio prazo: 1–3 anos.

d) Condições para adoção: Dimensionamento com base em relevo, solo, comprimento de rampa e regime de chuvas, integrado à cobertura do solo e à conservação da área.

5. Evitar tráfego e operações em solo excessivamente úmido

a) Medida recomendada: Evitar operações mecanizadas, preparo, plantio, colheita ou transporte interno em condições de solo excessivamente úmido quando houver risco de compactação, atoleiro, degradação estrutural ou danos às plantas.

b) Riscos tratados: Chuvas acima da média.

c) Horizonte para implementação: Imediato: até 30 dias.

d) Condições para adoção: Avaliação de umidade e trafegabilidade, flexibilidade operacional e capacidade de reorganizar máquinas, mão de obra e logística.

6. Manejar excesso hídrico e melhorar a drenagem

a) Medida recomendada: Implantar, recuperar ou manter sistemas de drenagem superficial ou subsuperficial em áreas com risco recorrente de encharcamento, alagamento ou dificuldade de tráfego.

b) Riscos tratados: Chuvas acima da média.

c) Horizonte para implementação: Imediato/Curto para manutenção; Médio para implantação.

d) Condições para adoção: Diagnóstico hidrológico da área, viabilidade técnica e econômica, dimensionamento adequado e destinação segura da água drenada.

7. Monitorar a umidade do solo e a demanda atmosférica

a) Medida recomendada: Monitorar a disponibilidade de água no solo e a demanda atmosférica ao longo do ciclo, utilizando sensores, balanço hídrico, evapotranspiração ou ferramentas equivalentes quando disponíveis.

b) Riscos tratados: Chuvas abaixo da média; Temperaturas altas e ondas de calor.

c) Horizonte para implementação: Imediato: até 30 dias.

d) Condições para adoção: Métodos adequados de monitoramento, conhecimento da capacidade de armazenamento de água do solo e critérios técnicos de decisão.

8. Utilizar irrigação quando técnica e economicamente viável

a) Medida recomendada: Utilizar irrigação para reduzir a deficiência hídrica em fases sensíveis ou sustentar a produtividade quando houver disponibilidade regularizada de água, infraestrutura adequada e viabilidade econômica. O manejo deve priorizar os períodos de maior sensibilidade da cultura e considerar a disponibilidade de água no solo e a demanda atmosférica.

b) Riscos tratados: Chuvas abaixo da média; Temperaturas altas e ondas de calor.

c) Horizonte para implementação: Imediato/Curto para manejo; Médio para infraestrutura.

d) Condições para adoção: Segurança hídrica, regularização do uso da água, dimensionamento adequado, energia, manutenção e manejo baseado na demanda da cultura, na umidade do solo e na viabilidade econômica.

9. Construir e manejar o perfil de fertilidade conforme potencial e risco climático

a) Medida recomendada: Construir e manter um perfil de fertilidade química favorável ao desenvolvimento radicular, corrigindo acidez e limitações químicas em profundidade quando tecnicamente indicado e ajustando doses e épocas de adubação ao potencial produtivo esperado, ao estado nutricional, às condições do solo e à perspectiva climática.

b) Riscos tratados: Atraso da estação chuvosa; Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Análise de solo em profundidades adequadas, diagnóstico de acidez e limitações químicas, recomendação técnica, histórico produtivo e expectativa realista de rendimento. Corretivos e fertilizantes devem ser utilizados em doses e formas de aplicação compatíveis com o solo, a cultura, a legislação e a viabilidade econômica.

10. Orientar o manejo fitossanitário pelo risco climático

a) Medida recomendada: Associar monitoramento de pragas e doenças às condições meteorológicas e, quando disponíveis, a modelos de risco para definir necessidade, momento e prioridade das intervenções, evitando calendários rígidos.

b) Riscos tratados: Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Monitoramento sistemático, previsão meteorológica, conhecimento da epidemiologia ou dinâmica das pragas e capacidade de ajustar as aplicações.

11. Planejar aplicações conforme a previsão meteorológica

a) Medida recomendada: Programar aplicações de defensivos, fertilizantes foliares, maturadores, reguladores ou outros insumos com base na previsão meteorológica de curto prazo, evitando que chuva iminente, vento elevado ou condições de temperatura e umidade que reduzam a eficiência ou aumentem a deriva.

b) Riscos tratados: Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Imediato: até 30 dias.

d) Condições para adoção: Previsões confiáveis, capacidade operacional de alterar janelas de aplicação e observância das recomendações técnicas e legais.

4.11.2. Café

1. Planejar a implantação e renovação do cafezal em áreas de menor risco

a) Medida recomendada: Planejar implantação e renovação do cafezal considerando altitude, relevo, exposição, histórico de geadas, disponibilidade hídrica, risco de ventos e adequação do ambiente ao material genético escolhido.

b) Riscos tratados: Chuvas abaixo da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Temperaturas baixas e geada; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Caracterização climática e topográfica da área, histórico de eventos, disponibilidade de água e avaliação econômica da implantação.

2. Manejar o sombreamento e microclima do cafezal

a) Medida recomendada: Avaliar o uso de sistemas de produção sombreados, agrofloresta, sistemas de sombreamento alternativos e quebra-ventos visando a redução da carga térmica, vento e extremos microclimáticos.

b) Riscos tratados: Chuvas abaixo da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Temperaturas baixas e geada; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Médio prazo: 1–3 anos.

d) Condições para adoção: Escolha adequada de espécies, densidade e arranjo, manejo da competição por água e nutrientes e compatibilidade com mecanização e produtividade.

3. Otimizar o manejo da irrigação do cafeeiro

a) Medida recomendada: Em sistemas de produção irrigados, otimizar o volume aplicado e o turno de aplicação, visando atender à demanda hídrica atual da planta evitando-se excessos e/ou déficits. Quando houver irrigação disponível, priorizar o manejo hídrico nas fases de maior sensibilidade do cafeeiro, especialmente períodos de expansão vegetativa, floradas, pegamento e enchimento dos frutos, conforme condição regional e fisiológica da lavoura.

b) Riscos tratados: Chuvas abaixo da média; Temperaturas altas e ondas de calor.

c) Horizonte para implementação: Imediato para otimização; Médio somente se houver necessidade estrutural.

d) Condições para adoção: Disponibilidade de água, monitoramento do solo e da cultura, conhecimento fenológico e capacidade de priorização entre talhões.

4. Monitorar e manejar o risco de geadas no café

a) Medida recomendada: Monitorar previsões de massas de ar frio e risco de geada, identificar talhões mais vulneráveis e adotar, quando tecnicamente indicadas e viáveis, medidas preventivas de manejo e proteção de plantas jovens.

b) Riscos tratados: Temperaturas baixas e geada.

c) Horizonte para implementação: Imediato: até 30 dias.

d) Condições para adoção: Previsão de curto prazo, conhecimento do relevo e histórico da área e disponibilidade de medidas adequadas à idade e ao sistema da lavoura.

5. Planejar a colheita do café conforme maturação e risco de chuva

a) Medida recomendada: Monitorar a maturação e planejar a colheita para reduzir a permanência desnecessária dos frutos no campo, priorizando áreas ou lotes mais expostos quando houver previsão de chuvas persistentes ou eventos que aumentem perdas e deterioração.

b) Riscos tratados: Chuvas acima da média; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Imediato: até 30 dias.

d) Condições para adoção: Monitoramento de maturação, disponibilidade de mão de obra ou máquinas e capacidade de processamento pós-colheita compatível com a velocidade de colheita.

6. Assegurar capacidade de secagem e pós-colheita do café

a) Medida recomendada: Dimensionar terreiros, secadores, estruturas de armazenamento e logística de processamento para receber o volume colhido em janelas curtas, evitando acúmulo de café úmido e deterioração da qualidade.

b) Riscos tratados: Chuvas acima da média e tempestades severas quando causar interrupção operacional/logística.

c) Horizonte para implementação: Médio prazo: 1–3 anos.

d) Condições para adoção: Capacidade proporcional à produção, manutenção preventiva, energia, mão de obra e protocolos de secagem e armazenamento.

7. Monitorar qualidade e separar lotes de café

a) Medida recomendada: Monitorar umidade, defeitos, fermentação, contaminações e demais parâmetros de qualidade e segregar lotes conforme condição de colheita e processamento, especialmente após períodos chuvosos.

b) Riscos tratados: Chuvas acima da média.

c) Horizonte para implementação: Imediato: até 30 dias.

d) Condições para adoção: Protocolos de amostragem e classificação, capacidade de segregação e armazenamento e rastreabilidade dos lotes.

4.11.3. Mandioca

1. Planejar época e área de plantio da mandioca

a) Medida recomendada: Planejar a época de plantio da mandioca de acordo com o regime de chuvas, disponibilidade de umidade no solo, condições de drenagem e recomendações regionais, evitando implantação em períodos com alto risco de falha de brotação ou encharcamento.

b) Riscos tratados: Atraso da estação chuvosa; Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Manivas de qualidade, umidade adequada do solo, previsão de curto prazo e drenagem compatível com o ambiente.

2. Utilizar manivas-semente de alta qualidade e materiais adaptados

a) Medida recomendada: Utilizar manivas-semente sadias, vigorosas e provenientes de materiais adaptados à região, evitando propágulos debilitados, desidratados ou com problemas fitossanitários.

b) Riscos tratados: Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Fonte confiável de material propagativo, armazenamento e transporte adequados e seleção de cultivares adaptadas.

3. Manejar plantas daninhas para reduzir competição por água

a) Medida recomendada: Intensificar o controle de plantas daninhas nas fases iniciais e em períodos de deficiência hídrica, evitando competição excessiva por água, luz e nutrientes.

b) Riscos tratados: Chuvas abaixo da média; Temperaturas altas e ondas de calor.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Monitoramento da infestação, escolha do método adequado e execução em condições meteorológicas compatíveis.

4. Planejar a colheita da mandioca e reduzir permanência excessiva no solo

a) Medida recomendada: Planejar a colheita conforme idade, finalidade industrial, condições do solo, previsão de chuva e capacidade de processamento, evitando atrasos que aumentem perdas, deterioração ou impossibilidade de retirada em períodos excessivamente chuvosos.

b) Riscos tratados: Chuvas acima da média.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Coordenação com indústria ou mercado, disponibilidade de máquinas e transporte e acompanhamento das condições do solo e da previsão meteorológica.

4.11.4. Cana-de-açúcar

1. Planejar plantio e renovação dos canaviais conforme o risco climático

a) Medida recomendada: Planejar plantio e renovação dos canaviais considerando época, disponibilidade hídrica, temperatura, tipo de solo, ambiente de produção e capacidade de estabelecimento da variedade escolhida. Em situações de risco elevado de deficiência hídrica, priorizar medidas que aumentem a qualidade do sulco e a conservação de água e, quando tecnicamente indicado, considerar irrigação ou fertirrigação de salvamento, suplementar ou deficitária para favorecer o estabelecimento, a brotação e o perfilhamento. Tecnologias localizadas destinadas a favorecer o pegamento de mudas ou a retenção de água somente devem ser utilizadas quando tecnicamente validadas para o ambiente e o sistema de plantio.

b) Riscos tratados: Atraso da estação chuvosa; Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor.

c) Horizonte para implementação: Médio prazo: 1–3 anos.

d) Condições para adoção: Planejamento varietal, perfil de solo corrigido, mudas de qualidade, umidade adequada e previsão meteorológica compatível. Irrigação de salvamento ou tecnologias específicas de retenção localizada de água devem apresentar adequação técnica, disponibilidade hídrica ou eficácia agrônômica demonstrada e viabilidade econômica.

2. Diversificar variedades e ambientes de produção da cana

a) Medida recomendada: Distribuir variedades com diferentes ciclos, respostas ao déficit hídrico, maturação e resistência a doenças entre os ambientes de produção, evitando concentração excessiva de um mesmo perfil genético.

b) Riscos tratados: Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Temperaturas baixas e geada.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Informações de desempenho varietal, mapeamento de ambientes de produção, disponibilidade de mudas e compatibilidade com o calendário industrial.

3. Manejar palhada e conservação de água no canavial

a) Medida recomendada: Manejar adequadamente a palhada da cana e utilizar, quando apropriado, plantas de cobertura durante a renovação dos canaviais, buscando proteger e reestruturar o solo, reduzir evaporação e erosão e melhorar infiltração. Materiais orgânicos e coprodutos da cadeia sucroenergética podem ser incorporados ao manejo quando apresentarem

composição conhecida, recomendação técnica e benefício agrônômico comprovado, sem comprometer brotação, sanidade ou operações.

b) Riscos tratados: Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor.

c) Horizonte para implementação: Médio prazo: 1–3 anos.

d) Condições para adoção: Quantidade e distribuição de palha compatíveis com o ambiente, variedade e risco de pragas; escolha adequada das plantas de cobertura; e, no caso de materiais orgânicos ou coprodutos, avaliação de composição, dose, salinidade, contaminantes, legislação, logística e viabilidade econômica.

4. Planejar e priorizar a colheita da cana conforme clima, solo e vulnerabilidade

a) Medida recomendada: Integrar maturação, previsão meteorológica, trafegabilidade dos solos, capacidade de corte, carregamento, transporte e moagem para definir prioridades de colheita. Em períodos de déficit hídrico prolongado, considerar a sensibilidade varietal à perda de qualidade, priorizando, quando tecnicamente indicado, materiais mais suscetíveis à isoporização, chochamento ou deterioração. Em cenários de excesso de chuva, ajustar a sequência das frentes conforme textura, trafegabilidade e potencial produtivo dos talhões, aproveitando os períodos de melhor condição operacional para as áreas mais restritivas. Após vendavais ou tempestades, priorizar áreas com cana tombada quando o atraso puder ampliar as perdas. Adequar máquinas e parâmetros operacionais às condições de solo para reduzir compactação e danos às soqueiras.

b) Riscos tratados: Atraso da estação chuvosa; Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Integração entre campo, transporte e indústria; previsão meteorológica; monitoramento de maturação e qualidade; mapa de solos e ambientes de produção; avaliação de trafegabilidade; conhecimento da resposta varietal ao estresse; e capacidade de reprogramar frentes e ajustar equipamentos.

5. Reduzir riscos de incêndio em canaviais

a) Medida recomendada: Manter atualizado o plano de prevenção e combate a incêndios, contemplando: (i) implantação, inspeção e manutenção permanente da rede de aceiros; (ii) disponibilidade e manutenção de equipamentos, ferramentas e demais recursos operacionais em quantidade compatível com os riscos identificados; (iii) procedimentos de segurança no manejo dos materiais combustíveis; e (iv) protocolos de comunicação e acionamento de recursos internos e de apoio externo, incluindo brigadas, Corpo de Bombeiros e Defesa Civil, quando aplicável.

b) Riscos tratados: Chuvas abaixo da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Médio prazo: 1–3 anos.

d) Condições para adoção: Mapeamento de áreas críticas, aceiros mantidos, água e equipamentos disponíveis, equipes treinadas e coordenação com vizinhos e serviços locais. Realizar, quando viável, o monitoramento geoespacial da propriedade e de seu entorno. Recomenda-se atenção às áreas de vegetação nativa, APPs e demais áreas de conservação, utilizando informações sobre condições meteorológicas, focos de calor, áreas queimadas e outros indicadores que possam apoiar a identificação antecipada de situações de risco.

6. Monitorar efeitos de geadas e frio intenso na cana

a) Medida recomendada: Monitorar risco e ocorrência de geadas ou frio intenso em regiões suscetíveis e reavaliar prioridades de colheita, qualidade da matéria-prima e destino dos talhões após eventos severos.

b) Riscos tratados: Temperaturas baixas e geada.

c) Horizonte para implementação: Imediato: até 30 dias.

d) Condições para adoção: Previsões de curto prazo, inspeção de campo, avaliação de maturação e qualidade e capacidade industrial para priorizar a colheita.

7. Recuperar canaviais e soqueiras após eventos climáticos severos

a) Medida recomendada: Após vendavais, tombamento, alagamentos, geadas ou colheita realizada sob condições adversas, avaliar os danos ao canavial e às soqueiras e adotar, quando tecnicamente indicado, medidas sanitárias, nutricionais e de manejo destinadas a favorecer a recuperação e reduzir efeitos residuais sobre o ciclo seguinte.

b) Riscos tratados: Chuvas acima da média; Temperaturas baixas e geada; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Inspeção de campo, diagnóstico da intensidade e do tipo de dano, avaliação do estado das soqueiras e recomendação técnica para definir necessidade de intervenção sanitária, nutricional, cultural ou de renovação.

8. Dimensionar capacidade de colheita, transporte, recepção e processamento

a) Medida recomendada: Assegurar que colheita, transporte, recepção e processamento estejam dimensionados para operar em janelas reduzidas, evitando gargalos que ampliem perdas após eventos climáticos. Quando houver previsão de janelas operacionais curtas, avaliar antecipadamente a contratação temporária de máquinas, transporte ou serviços terceirizados para ampliar a capacidade de colheita. Em sistemas integrados à indústria, avaliar também a capacidade de recepção e de estoque intermediário necessária para manter a continuidade do processamento durante interrupções temporárias da colheita.

b) Riscos tratados: Atraso da estação chuvosa; Chuvas acima da média; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Dimensionamento compatível com área e produção, manutenção de máquinas e estruturas, contratos logísticos, oferta regional de serviços terceirizados e coordenação entre propriedade, transporte e indústria.

4.11.5. Citros

1. Manejar a irrigação de acordo com a fenologia e o risco de déficit hídrico

a) Medida recomendada: Monitorar a disponibilidade de água no solo e ajustar a irrigação às fases fenológicas dos citros, priorizando o suprimento hídrico durante a floração, o pegamento e o crescimento inicial dos frutos. Em pomares nos quais o déficit hídrico é utilizado para indução floral, manejar cuidadosamente a duração e a intensidade do estresse e o momento de retorno da irrigação, considerando a condição das plantas, a umidade do solo e a previsão de temperatura e precipitação.

b) Riscos tratados: Atraso da estação chuvosa; Chuvas abaixo da média; Temperaturas altas e ondas de calor.

c) Horizonte para implementação: Imediato para manejo; Médio para implantação.

d) Condições para adoção: Disponibilidade regularizada de água, sistema de irrigação adequado, conhecimento do estágio fenológico, monitoramento da umidade do solo e orientação técnica.

2. Orientar o manejo da podridão floral dos citros pelo risco meteorológico durante a florada

a) Medida recomendada: Durante o florescimento, monitorar a previsão de chuva, temperatura, duração do molhamento e sistemas de alerta de risco de podridão floral, direcionando

as medidas fitossanitárias para os períodos de maior favorabilidade à doença e assegurando capacidade operacional para proteção dos pomares nas janelas meteorológicas disponíveis.

b) Riscos tratados: Chuvas acima da média.

c) Horizonte para implementação: Imediato: até 30 dias.

d) Condições para adoção: Monitoramento da florada, acesso a previsão meteorológica e sistemas de alerta disponíveis para a região, equipamentos e capacidade operacional de pulverização e assistência técnica.

3. Selecionar combinações copa/porta-enxerto adaptadas ao risco hídrico na implantação e renovação de pomares

a) Medida recomendada: Na implantação ou renovação de pomares, selecionar combinações copa/porta-enxerto adaptadas às condições edafoclimáticas locais, considerando especialmente tolerância ao déficit hídrico, resposta à irrigação e demais estresses relevantes para a região, evitando concentração excessiva em um único material quando houver alternativas tecnicamente recomendadas.

b) Riscos tratados: Chuvas abaixo da média; Temperaturas altas e ondas de calor.

c) Horizonte para implementação: Longo prazo: >3 anos.

d) Condições para adoção: Informações regionais de desempenho das combinações copa/porta-enxerto, mudas certificadas, compatibilidade agronômica e fitossanitária e planejamento da renovação do pomar.

4. Proteger a capacidade produtiva do pomar diante de calor extremo e elevada radiação

a) Medida recomendada: Em áreas sujeitas a temperaturas e radiação solar elevadas, manejar o pomar de forma a reduzir a exposição excessiva de frutos e folhas, evitando intervenções que provoquem abertura abrupta e excessiva da copa em períodos de maior risco térmico e mantendo adequado estado hídrico e nutricional das plantas.

b) Riscos tratados: Temperaturas altas e ondas de calor; Chuvas abaixo da média.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Monitoramento meteorológico, conhecimento da arquitetura e condição do pomar, disponibilidade hídrica e orientação técnica para o manejo da copa.

5. Avaliar e recuperar rapidamente pomares atingidos por granizo e ventos severos

a) Medida recomendada: Após granizo ou vendavais, avaliar rapidamente a intensidade dos danos, priorizar a recuperação de plantas e talhões com capacidade produtiva remanescente, realizar podas de recuperação ou sanitárias quando tecnicamente indicadas e intensificar o monitoramento fitossanitário de tecidos lesionados.

b) Riscos tratados: Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Imediato: até 30 dias.

d) Condições para adoção: Avaliação técnica da intensidade dos danos, ferramentas e mão de obra para recuperação, conhecimento da idade e capacidade de rebrota das plantas e acompanhamento fitossanitário posterior.

4.12. Aquicultura

Na aquicultura, variáveis como temperatura, oxigênio, salinidade, qualidade da água e condições hidrodinâmicas constituem mecanismos intermediários pelos quais os riscos climáticos afetam os organismos e as estruturas de produção. Por isso, aparecem nas medidas e nas condições de adoção como parâmetros de monitoramento e consequências, não como categorias autônomas de risco.

4.12.1. Aquicultura continental

1. Ajustar calendário de povoamento e despesca às condições hidrológicas e térmicas

a) Medida recomendada: Planejar povoamento, manejo e despesca com base em previsões sazonais, hidrológicas e meteorológicas, evitando concentrar biomassa e fases sensíveis nos períodos de maior risco de restrição hídrica, calor, frio ou tempestades.

b) Riscos tratados: Atraso da estação chuvosa; Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Temperaturas baixas e geada; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Histórico local, previsões atualizadas, flexibilidade de calendário, mercado para antecipação de despesca e capacidade operacional para ajustar o ciclo.

2. Garantir reservação, proteção e uso eficiente da água

a) Medida recomendada: Proteger fontes de abastecimento, realizar reservação quando tecnicamente viável, monitorar níveis e vazões e ajustar o uso da água para reduzir vulnerabilidade durante períodos secos.

b) Riscos tratados: Atraso da estação chuvosa; Chuvas abaixo da média; Temperaturas altas e ondas de calor.

c) Horizonte para implementação: Imediato para manejo; Médio para ampliação estrutural.

d) Condições para adoção: Disponibilidade hídrica legalmente regularizada, capacidade de armazenamento, controle de perdas, monitoramento e dimensionamento compatível com a biomassa produzida.

3. Monitorar temperatura e qualidade da água e ajustar biomassa e alimentação

a) Medida recomendada: Monitorar temperatura, oxigênio dissolvido e demais parâmetros relevantes da água e, diante de condições adversas, reduzir temporariamente alimentação ou biomassa, utilizar aeração e ajustar manejo para evitar deterioração do ambiente de cultivo.

b) Riscos tratados: Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Temperaturas baixas e geada.

c) Horizonte para implementação: Imediato: até 30 dias.

d) Condições para adoção: Equipamentos e protocolos de monitoramento, aeradores ou alternativas de oxigenação quando necessárias, critérios técnicos para ajuste da alimentação e densidade e pessoal capacitado.

4. Adequar viveiros, diques, vertedouros e barreiras contra fuga

a) Medida recomendada: Dimensionar e manter diques, taludes, vertedouros, drenagem, telas e barreiras anti-fuga para suportar eventos de chuva intensa e variações de nível, protegendo margens, captações e estruturas de produção.

b) Riscos tratados: Chuvas acima da média; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Médio prazo: 1–3 anos.

d) Condições para adoção: Projeto técnico, inspeção e manutenção preventiva, avaliação das áreas a montante e dimensionamento conforme vazões e eventos extremos relevantes.

5. Reforçar ancoragem e selecionar locais adequados para tanques-rede

a) Medida recomendada: Em tanques-rede, selecionar locais com profundidade e circulação adequadas, reforçar ancoragens e acompanhar cotas, vazões e alertas, prevendo redução de biomassa, deslocamento autorizado ou despesca antecipada quando necessário.

b) Riscos tratados: Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Licenciamento e autorização quando aplicáveis, informação hidrológica, inspeção estrutural, logística para manejo emergencial e segurança das equipes.

6. Selecionar espécies adaptadas e ajustar densidade de estocagem

a) Medida recomendada: Priorizar espécies adaptadas às condições climáticas locais e manter densidade compatível com volume de água, disponibilidade de oxigênio e capacidade de manejo, reduzindo a densidade preventivamente em períodos de maior risco.

b) Riscos tratados: Chuvas abaixo da média; Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Temperaturas baixas e geada.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Conhecimento dos limites da espécie, capacidade de suporte do sistema, monitoramento ambiental e planejamento de compra, povoamento e comercialização.

4.12.2. Aquicultura marinha - bivalves e algas

1. Selecionar sítios com condições oceanográficas mais estáveis

a) Medida recomendada: Selecionar áreas de cultivo com circulação adequada, menor exposição a descargas fluviais e histórico compatível de salinidade, temperatura, ondas e qualidade da água, evitando locais muito rasos, confinados ou com baixa renovação.

b) Riscos tratados: Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Caracterização ambiental prévia, dados sazonais e interanuais, licenciamento, avaliação de rotas de navegação e conhecimento das fontes terrestres de influência.

2. Diversificar áreas, espécies, classes de tamanho e calendário de produção

a) Medida recomendada: Distribuir a biomassa entre áreas, espécies, classes de tamanho e épocas de semeadura ou colheita, reduzindo a exposição simultânea de toda a produção às mesmas condições adversas.

b) Riscos tratados: Chuvas acima da média; Temperaturas altas e ondas de calor; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Disponibilidade de áreas autorizadas, sementes ou espécies adequadas, capacidade logística e avaliação de biossegurança e mercado.

3. Ajustar profundidade, densidade e calendário em períodos de calor

a) Medida recomendada: Ajustar profundidade de cultivo, densidade e calendário de semeadura e colheita para reduzir a exposição dos estágios mais sensíveis aos períodos historicamente mais quentes e, quando tecnicamente indicado, antecipar a colheita.

b) Riscos tratados: Temperaturas altas e ondas de calor.

c) Horizonte para implementação: Curto prazo: 1–12 meses.

d) Condições para adoção: Monitoramento de temperatura e circulação, conhecimento da tolerância da espécie, flexibilidade operacional e critérios sanitários para colheita.

4. Suspender preventivamente a colheita quando chuvas intensas elevarem o risco sanitário

a) Medida recomendada: Utilizar previsão de chuva e descarga fluvial para orientar suspensão preventiva da colheita e aplicar protocolos oficiais de reabertura quando as condições ambientais puderem comprometer a segurança sanitária do produto.

b) Riscos tratados: Chuvas acima da média; Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Imediato: até 30 dias.

d) Condições para adoção: Monitoramento microbiológico e de fitoplâncton quando aplicável, protocolos oficiais, rastreabilidade e comunicação rápida com produtores e mercado.

5. Dimensionar e reforçar estruturas para ventos, ondas e ressacas

a) Medida recomendada: Projetar e manter ancoragens, cabos, flutuadores e sistemas de fixação compatíveis com as condições hidrodinâmicas locais e cargas extremas previsíveis, reforçando ou protegendo equipamentos móveis diante de alertas.

b) Riscos tratados: Tempestades severas.

c) Horizonte para implementação: Médio prazo: 1–3 anos.

d) Condições para adoção: Projeto estrutural, inspeção periódica, alertas meteorológicos e oceanográficos, plano de retirada ou proteção de equipamentos e treinamento de segurança.

5. Medidas viabilizadoras e instrumentos de política pública

As ações desta seção não constituem medidas cuja implementação dependa exclusivamente da decisão do produtor ou do empreendimento rural. São medidas viabilizadoras de caráter institucional, financeiro, científico, tecnológico e de assistência técnica, destinadas a criar condições para que estratégias de prevenção, redução de impactos, transferência e retenção planejada do risco residual sejam adotadas com maior alcance, consistência e efetividade.

Essas medidas devem ser concebidas de forma integrada, articulando avaliação de riscos, informação meteorológica e agrometeorológica, assistência técnica e extensão rural, pesquisa e inovação, crédito e financiamento, instrumentos de transferência de risco e incentivos à adoção de práticas de adaptação. A atuação coordenada desses instrumentos é essencial para evitar sobreposições, lacunas e iniciativas isoladas, ampliando sua capacidade de induzir mudanças efetivas nos sistemas produtivos.

Por terem caráter transversal, as medidas viabilizadoras podem contribuir simultaneamente para o tratamento de diferentes riscos climáticos considerados neste documento. Por essa razão, os riscos tratados não são repetidos individualmente em cada medida. Para este conjunto de ações, adota-se estrutura específica composta por: a) Objetivo; b) Linhas de ação; c) Horizonte de implementação; e d) Requisitos e atores envolvidos.

1. Fortalecer e aperfeiçoar os instrumentos de avaliação de risco, incluindo o Zarc

a) Objetivo: Ampliar a capacidade nacional de identificar, quantificar, espacializar e comunicar os riscos climáticos relevantes para a agropecuária, fornecendo base técnica para o planejamento produtivo, a assistência técnica, o crédito, o seguro, o Proagro e a formulação e avaliação de políticas de adaptação.

b) Linhas de ação: Ampliar a cobertura territorial, o número de atividades e os componentes considerados pelos instrumentos públicos de avaliação de risco climático; fortalecer e atualizar bases meteorológicas, de solo, cultivo e produção; desenvolver, comparar e validar metodologias regionalizadas; aperfeiçoar a representação dos efeitos do manejo sobre o risco; e assegurar mecanismos permanentes de atualização do Zarc e de outros instrumentos de avaliação de risco.

c) Horizonte de implementação: Longo prazo: >3 anos, com aperfeiçoamentos e atualizações contínuas.

d) Requisitos e atores envolvidos: Governança institucional estável, financiamento contínuo, bases de dados de qualidade, capacidade científica e computacional, validação regional, interoperabilidade entre sistemas e mecanismos permanentes de atualização. Envolve especialmente órgãos responsáveis pelas políticas agropecuárias, Embrapa e demais instituições de pesquisa, serviços meteorológicos, universidades, assistência técnica e extensão rural, agentes de crédito e seguro e organizações do setor produtivo.

2. Ampliar mecanismos de financiamento para investimentos em adaptação

a) Objetivo: Reduzir as barreiras financeiras à adoção de investimentos que diminuam a exposição e a vulnerabilidade dos sistemas agropecuários aos riscos climáticos, acelerando a transição para sistemas produtivos mais resilientes.

b) Linhas de ação: Desenvolver e ampliar linhas de crédito, fundos, garantias e outros instrumentos públicos ou privados de financiamento destinados a investimentos em segurança hídrica, irrigação, drenagem, conservação do solo e da água, sistemas integrados, cultivo protegido, sombreamento, armazenagem, prevenção de incêndios e infraestrutura resiliente. Quando apropriado, instrumentos de finanças sustentáveis e de mercado de capitais podem complementar o crédito rural tradicional, especialmente em investimentos de maior prazo de maturação.

c) Horizonte de implementação: Médio prazo: 1–3 anos, com necessidade de continuidade e aperfeiçoamento dos instrumentos ao longo do tempo.

d) Requisitos e atores envolvidos: Condições financeiras compatíveis com o prazo de retorno dos investimentos, critérios técnicos de elegibilidade, segurança jurídica e ambiental quando aplicável, apoio à elaboração de projetos, mecanismos de acesso adequados a diferentes perfis de produtores e monitoramento dos resultados. Envolve instituições financeiras públicas e privadas, órgãos formuladores de políticas agropecuárias e financeiras, assistência técnica, pesquisa, cooperativas, organizações de produtores e demais agentes capazes de estruturar ou operacionalizar mecanismos de financiamento.

3. Fortalecer assistência técnica, capacitação e comunicação de riscos

a) Objetivo: Ampliar a capacidade de produtores, trabalhadores, técnicos e organizações rurais de compreender informações sobre riscos climáticos e convertê-las em decisões oportunas de prevenção, preparação, resposta e adaptação.

b) Linhas de ação: Fortalecer os serviços de assistência técnica e extensão rural, os programas de capacitação e os sistemas de comunicação e alerta capazes de traduzir informações meteorológicas, climáticas e agrometeorológicas em orientações operacionais regionalizadas para diferentes sistemas produtivos; desenvolver protocolos de comunicação adequados a diferentes públicos e níveis de risco; e ampliar a capilaridade desses serviços em regiões e segmentos mais vulneráveis.

c) Horizonte de implementação: Médio prazo: 1–3 anos, embora ações de capacitação e comunicação possam produzir resultados no curto prazo.

d) Requisitos e atores envolvidos: Integração entre serviços meteorológicos, pesquisa, extensão, defesa agropecuária, organizações de produtores e canais de comunicação acessíveis; disponibilidade de equipes capacitadas, conteúdos regionalizados e mecanismos de atualização contínua. Envolve órgãos públicos, instituições de ATER, Embrapa e demais instituições de pesquisa, universidades, defesa agropecuária, cooperativas, associações e organizações da sociedade civil.

4. Fortalecer pesquisa e validação de tecnologias e materiais adaptados

a) Objetivo: Ampliar a disponibilidade de materiais genéticos, tecnologias, práticas de manejo e sistemas de produção com desempenho comprovado sob condições climáticas adversas e adequados à diversidade ambiental, regional e produtiva da agropecuária brasileira.

b) Linhas de ação: Ampliar programas de pesquisa, melhoramento e inovação; fortalecer redes experimentais e de validação regional; desenvolver e testar tecnologias e sistemas produtivos voltados à adaptação; aprimorar mecanismos de produção, registro, multiplicação, disponibilização e transferência de materiais e tecnologias; e priorizar lacunas relevantes para regiões, culturas e sistemas produtivos mais vulneráveis.

c) Horizonte de implementação: Longo prazo: >3 anos, com possibilidade de resultados intermediários para tecnologias e materiais já em processo de desenvolvimento ou validação.

d) Requisitos e atores envolvidos: Programas de pesquisa de longo prazo, redes experimentais, dados de qualidade, infraestrutura científica, recursos estáveis, parcerias e mecanismos eficientes de transferência de tecnologia. Envolve instituições de pesquisa e inovação, universidades, órgãos de fomento e regulação, empresas de sementes, mudas e insumos, assistência técnica, organizações de produtores e setor privado.

5. Aperfeiçoar os sistemas de monitoramento agrometeorológico, alerta e quantificação de perdas climáticas

a) Objetivo: Melhorar a capacidade de detectar, acompanhar e antecipar situações de risco, estimar impactos sobre os sistemas produtivos e quantificar perdas, fornecendo informações mais precisas e oportunas para decisões produtivas, sistemas de alerta, políticas públicas e instrumentos de transferência de risco.

b) Linhas de ação: Integrar dados meteorológicos e agrometeorológicos, sensoriamento remoto, informações de solo, cultura e rebanho, modelos de crescimento ou produtividade e dados observados de produção e perdas; desenvolver e validar metodologias regionalizadas de monitoramento e estimativa de danos; aperfeiçoar sistemas de alerta; e promover a interoperabilidade entre bases públicas e privadas, observando requisitos de qualidade, governança, rastreabilidade e acesso aos dados.

c) Horizonte de implementação: Longo prazo: >3 anos, com evolução contínua à medida que séries históricas, modelos e infraestrutura de dados e processamento sejam ampliados e aperfeiçoados.

d) Requisitos e atores envolvidos: Séries históricas e dados de referência de qualidade, infraestrutura de dados e processamento, capacidade de modelagem, validação regional, padrões de interoperabilidade e mecanismos permanentes de atualização. Envolve instituições meteorológicas, Embrapa e demais instituições de pesquisa, universidades, órgãos de estatística e políticas públicas, setor produtivo, provedores de tecnologia, seguradoras, resseguradoras e agentes financeiros.

6. Fortalecer a gestão integrada dos recursos hídricos para a adaptação agropecuária

a) Objetivo: Aumentar a segurança hídrica dos sistemas agropecuários e reduzir sua vulnerabilidade a períodos de escassez, irregularidade ou competição pelo uso da água, conciliando necessidades produtivas, disponibilidade ambiental e usos múltiplos dos recursos hídricos.

b) Linhas de ação: Fortalecer o planejamento e a gestão da água em escala de propriedade, território e bacia hidrográfica; conservar fontes e áreas estratégicas para produção, infiltração, recarga e regulação hídrica; ampliar, quando tecnicamente adequado, a capacidade de armazenamento; desenvolver infraestrutura coletiva; aprimorar o planejamento da oferta e da demanda; promover eficiência no uso da água; e estabelecer mecanismos de coordenação entre usuários em períodos críticos.

c) Horizonte de implementação: Longo prazo: >3 anos, especialmente para intervenções de infraestrutura, governança e gestão em escala territorial ou de bacia.

d) Requisitos e atores envolvidos: Diagnóstico de disponibilidade e demanda hídrica, governança de bacia, regularização ambiental e de uso da água, avaliação de impactos dos investimentos, coordenação entre usuários e instituições e recursos públicos e privados compatíveis com a escala das intervenções. Envolve órgãos gestores de recursos hídricos, comitês de bacia, governos, instituições de pesquisa e assistência técnica, usuários rurais, organizações de produtores e agentes financiadores.

7. Ampliar e aperfeiçoar os instrumentos de transferência de riscos climáticos, com ênfase no seguro rural

a) Objetivo: Ampliar a capacidade dos produtores e empreendimentos agropecuários de transferir parte das consequências financeiras dos riscos climáticos, reduzindo a volatilidade da renda e aumentando a capacidade de recuperação após eventos adversos.

b) Linhas de ação: Ampliar a cobertura e a diversidade dos produtos de seguro rural e aperfeiçoar outros mecanismos de transferência de risco adequados às diferentes atividades, regiões e perfis de produtores; estabelecer metas progressivas de expansão da cobertura; desenvolver, quando tecnicamente apropriado, produtos paramétricos ou baseados em índices; aprimorar a calibração dos instrumentos para reduzir o risco de base; e articular seguro, avaliação de risco, crédito e políticas de adaptação. Sempre que possível, utilizar séries meteorológicas, sensoriamento remoto, informações fenológicas, modelos e dados de produtividade para aperfeiçoar desenho, precificação e avaliação dos produtos.

c) Horizonte de implementação: Longo prazo: >3 anos, considerando a necessidade de expansão de bases de dados, capacidade atuarial, produtos, metodologias e marcos operacionais, embora aperfeiçoamentos específicos possam ocorrer em prazos menores.

d) Requisitos e atores envolvidos: Bases históricas de dados, metodologias transparentes e regionalmente calibradas, capacidade atuarial e regulatória, validação técnica dos índices, mecanismos para controle do risco de base, previsibilidade dos instrumentos de apoio público e articulação com as demais políticas de gestão de riscos. Envolve órgãos públicos, seguradoras, resseguradoras, instituições financeiras, pesquisa, serviços meteorológicos, assistência técnica e organizações de produtores.

8. Monitorar e avaliar a efetividade das políticas e medidas de adaptação

a) **Objetivo:** Verificar se investimentos, políticas, programas e instrumentos de indução efetivamente contribuem para reduzir a exposição, a vulnerabilidade e as consequências econômicas, produtivas e ambientais dos eventos climáticos.

b) **Linhas de ação:** Estabelecer indicadores de implementação, resultado e impacto; construir linhas de base; definir metas e critérios de avaliação; realizar avaliações periódicas; comparar resultados entre regiões, sistemas produtivos e instrumentos; identificar medidas com baixa efetividade ou efeitos não desejados; e utilizar as evidências produzidas para aperfeiçoar políticas, financiamento, pesquisa, assistência técnica e recomendações.

c) **Horizonte de implementação:** Médio prazo: 1–3 anos, com monitoramento e avaliação permanentes após sua institucionalização.

d) **Requisitos e atores envolvidos:** Metodologias de avaliação, indicadores mensuráveis, acesso a dados de implementação e resultados, definição de responsabilidades institucionais e mecanismos de transparência e retroalimentação das políticas. Envolve órgãos responsáveis pelos programas, instituições de pesquisa, universidades, órgãos estatísticos e de controle, ATER, agentes financeiros, seguradoras e organizações de produtores.

9. Ampliar a capacidade nacional de prevenção, detecção e combate a incêndios florestais e rurais

a) **Objetivo:** Ampliar a capacidade nacional de prevenir, detectar precocemente e responder com rapidez, segurança e escala adequada a incêndios florestais e rurais, reduzindo perdas ambientais, produtivas, econômicas e de infraestrutura associadas a períodos de seca, calor extremo e baixa umidade.

b) **Linhas de ação:** Fortalecer brigadas profissionais e comunitárias; ampliar treinamento, equipamentos, bases operacionais e sistemas de comunicação; integrar monitoramento meteorológico, focos de calor, sensoriamento remoto e índices de perigo de incêndio; estabelecer protocolos permanentes de mobilização e comando entre União, estados, municípios e instituições responsáveis; ampliar a disponibilidade de meios terrestres e aéreos de combate, incluindo helicópteros e aeronaves de grande capacidade adaptadas ou tecnicamente habilitadas para lançamento de água ou retardantes, quando apropriado; estruturar bases estratégicas e mecanismos de deslocamento rápido de equipes e equipamentos; e manter planos de contingência para períodos de risco excepcional.

c) **Horizonte de implementação:** Médio a longo prazo: 1–3 anos para ampliação inicial da capacidade operacional e >3 anos para consolidação de uma estrutura nacional permanente, integrada e territorialmente distribuída.

d) **Requisitos e atores envolvidos:** Planejamento logístico, definição clara de competências e protocolos de comando, interoperabilidade entre sistemas de comunicação, treinamento contínuo, disponibilidade orçamentária, manutenção de equipamentos e aeronaves e critérios técnicos para posicionamento preventivo de recursos conforme o risco previsto. Envolve Governo Federal, governos estaduais e municipais, Corpos de Bombeiros, Defesa Civil, Ibama, ICMBio, Forças Armadas, órgãos ambientais

e de segurança pública, instituições meteorológicas e de monitoramento, centros de pesquisa, concessionárias e organizações locais.

10. Ampliar programas de recuperação e recomposição da cobertura vegetal em áreas vulneráveis e estratégicas para a segurança hídrica

a) Objetivo: Reduzir a vulnerabilidade das paisagens rurais aos efeitos de chuvas intensas, secas e ondas de calor por meio da recuperação, proteção e ampliação da cobertura vegetal em áreas cuja condição ambiental influencia diretamente a estabilidade do solo, a infiltração e a recarga de água, a proteção de cursos d'água e a resiliência dos sistemas produtivos.

b) Linhas de ação: Ampliar programas de restauração, regeneração natural assistida e recomposição da vegetação nativa em encostas, áreas declivosas, cabeceiras de drenagem, áreas de recarga, nascentes, margens de rios e outros setores estratégicos para a conservação dos recursos hídricos; recuperar áreas degradadas e com elevada suscetibilidade à erosão; estimular corredores ecológicos e conectividade entre fragmentos; promover sistemas agroflorestais, silvipastoris e outras formas de cobertura arbórea compatíveis com a produção agropecuária, quando apropriado; priorizar intervenções com base em mapas de vulnerabilidade climática, erosão, disponibilidade hídrica e importância para abastecimento; e estruturar incentivos econômicos, financiamento e assistência técnica para proprietários e comunidades que recuperem áreas consideradas prioritárias.

c) Horizonte de implementação: Longo prazo: >3 anos. A implantação pode ser iniciada no curto e médio prazo, mas a recuperação da estrutura da vegetação, da proteção do solo e dos serviços hidrológicos ocorre progressivamente ao longo de vários anos.

d) Requisitos e atores envolvidos: Planejamento territorial, diagnóstico e priorização das áreas, disponibilidade de sementes e mudas adequadas, assistência técnica, financiamento para implantação e manutenção, compatibilidade com a legislação ambiental e mecanismos de monitoramento da sobrevivência, cobertura vegetal, erosão e resposta hidrológica. Envolve órgãos ambientais, MAPA, MDA, ANA e órgãos estaduais de recursos hídricos, governos estaduais e municipais, Embrapa e demais instituições de pesquisa, serviços de ATER, comitês de bacia, organizações de produtores, proprietários rurais, comunidades tradicionais e organizações de conservação.

6. Literatura de referência e apoio adicional

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 31000**: Gestão de riscos — Diretrizes. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.
- BERLATO, M. A.; CUNHA, G. R. da; FONTANA, D. C. El Niño Oscilação Sul: clima, vegetação e agricultura. Passo Fundo: Ed. dos Autores, 2024. 211p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1164333/el-nino-oscilacao-sul-clima-vegetacao-e-agricultura>
- BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. El Niño e La Niña: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul: aplicações de previsões climáticas na agricultura. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2003. 110 p.
- BOEIRA, L. S.; TERRA, V. S. S.; NETO, M. B.; NEVES, L. A. Interferência do fenômeno ENOS (El Niño Oscilação Sul) na produção de arroz irrigado na metade sul do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 46., 2017, Maceió. Anais [...]. Maceió: SBEA, 2017. DOI: 10.13140/RG.2.2.11942.16967.
- CARMONA, L. EL NIÑO E LA NIÑA e o rendimento do arroz irrigado no Rio Grande do Sul, Brasil. X Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado - Gramado RS, 2017
- CARMONA, L.de C.; BERLATO, M.A. El Niño e La Niña e o rendimento do arroz irrigado no Estado do Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.10, n.1, p.147-152, 2002.
- FEDOROVA, N.; CARVALHO, M. H. Processos sinóticos em anos de La Niña e de El Niño. Parte II: zonas frontais. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 15, n. 2, p. 57–72, 2000.
- FONTANA, D. C.; BERLATO, M. A. Influência do El Niño Oscilação Sul sobre a precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 127–132, 1997.
- GRIMM, A. M.; FERRAZ, S. E. T.; GOMES, J. Precipitation anomalies in Southern Brazil associated with El Niño and La Niña events. Journal of Climate, v. 11, p. 2863–2880, 1998. DOI: 10.1175/1520-0442(1998)011<2863:PAISBA>2.0.CO;2.
- MARENGO, J. A.; OLIVEIRA, G. S. Impactos do fenômeno La Niña no tempo e clima do Brasil: desenvolvimento e intensificação do La Niña 1998/1999. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10., 1998, Brasília, DF. Anais [...]. Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1998.
- MONTEIRO, J. E. B. de A. (ed.). Gestão de riscos climáticos na agricultura. Campinas: Embrapa Agricultura Digital, 2024. 67 p. (Documentos / Embrapa Agricultura Digital, 192). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1172189>. Acesso em: 9 ago. 2026.
- PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA (IPCC). **Mudança do Clima 2023: Relatório Síntese**. Contribuição dos Grupos de Trabalho I, II e III ao Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima. Genebra: IPCC, 2023. Disponível em: [ipcc.ch](https://www.ipcc.ch). Acesso em: 21 ago. 2026.

- PRELA-PANTANO, A.; DUARTE, A. P.; SILVA, D. F.; ROLIM, G. S.; CASER, D. V. Produtividade de milho, precipitação e ocorrência de ENOS na região do Médio Paranapanema, SP, Brasil. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v. 10, n. 2, p. 146–157, 2011. DOI: 10.18512/1980-6477/rbms.v10n2p146-157.
- SALTON, F. G.; MORAIS, H.; LOHMANN, M. Períodos secos no Estado do Paraná. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 36, n. 2, p. 295–303, abr./jun. 2021. DOI: 10.1590/0102-77863620163.
- SILVA, Tarcila Souza de Castro; INOUE, Luís Antônio Kioshi Aoki; FIETZ, Carlos Ricardo. **Influência do clima, fenômenos e mudanças climáticas no manejo da piscicultura**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2016. (Documentos, 136).
- STEINMETZ, S.; BRAGA, H. J.; SILVA, S. C. da. Condições climáticas para o cultivo de arroz irrigado. In: MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de; GOMES, A. da S.; SANTOS, A. B. dos (ed.). *Sistema de cultivo de arroz irrigado no Brasil*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. p. 33–58.