

Sumário Executivo

Portfólio de mudanças climáticas da
Embrapa: atuação, oportunidades
e desafios para inovação

Apresentação

O documento intitulado “Portfólio de Mudanças Climáticas da Embrapa: Atuação, Oportunidades e Desafios para Inovação” tem a intenção de apresentar ao público geral, interno e externo à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), as principais diretrizes de seu Portfólio de Mudanças Climáticas, bem como suas oportunidades e desafios de inovação e uma análise dos resultados e ativos já obtidos e previstos nos projetos em execução. Nesse sentido, procura revisar e complementar o “Relatório institucional produzido pelo Grupo de Trabalho para a reestruturação do Portfólio de Mudanças Climáticas da Embrapa”, gerado no contexto de atuação do “Grupo de Trabalho para a Reestruturação do Portfólio de Mudanças Climáticas da Embrapa” e enviado à Secretaria de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa, em 21/12/2018. Incorpora, portanto, parte daquele texto e inclui novos argumentos e atualizações.

Este Sumário Executivo tem o intuito de servir de consulta rápida a gestores e tomadores de decisão, bem como a seu público-alvo principal. Procura sintetizar, portando,

os principais argumentos, informações, destaques e conclusões, que são apresentados com mais detalhes no documento completo, “Portfólio de Mudanças Climáticas da Embrapa: Atuação, Oportunidades e Desafios para Inovação” (Pellegrino et al., 2022).

Com este documento, espera-se, portanto, oferecer uma referência que sirva tanto como consulta rápida aos tomadores de decisão internos e externos à Embrapa, bem como um detalhamento de visões e desafios que possa subsidiar a elaboração de propostas de soluções para inovação pelas equipes de pesquisa da Embrapa e de outras instituições parceiras. Que sua leitura seja leve e agradável e que, sobretudo, possa colaborar para aprimorar as soluções ofertadas à sociedade e à agricultura brasileira.

Silvia Maria Fonseca Silveira Massruhá
Chefe-geral

Contextualização

O documento completo “Portfólio de Mudanças Climáticas da Embrapa: Atuação, Oportunidades e Desafios para Inovação”, procura apresentar seus itens de forma a dar uma sequência lógica, sendo que o primeiro deles procura detalhar a relação entre o tema da mudança do clima e a agricultura, incluindo qual é o estado da arte, o contexto de desenvolvimento tecnológico e inovação e uma análise sobre as demandas e oportunidades nesse contexto. Diante dessa análise, os três itens seguintes apresentam os objetivos geral e específicos do Portfólio de Mudanças Climáticas da Embrapa, bem como um breve histórico de sua evolução até o momento atual, desdobrando na definição dos desafios para inovação formalmente definidos dentro do Macroprocesso de Inovação da Embrapa. A esses desafios o texto também associa algum detalhamento do entendimento e do que se pretende ao priorizá-los, do problema que se pretende sanar, ou da oportunidade que se vislumbra em cada desafio.

Nesse contexto da priorização dos desafios para inovação, foi essencial ouvir os principais atores ou *stakeholders* no sentido de complementá-la e validá-la junto ao setor produtivo de

forma a lançar editais de projetos que pudessem buscar alcançar esses desafios e, de fato, oferecer à sociedade as soluções para inovação demandadas.

Por fim, o último item procura explorar de forma integrada a evolução e o perfil das soluções para inovação que já viemos gerando ao longo do tempo e que estão registradas nos sistemas corporativos como ativos tecnológicos associados ao Portfólio de Mudanças Climáticas da Embrapa. Nesse item, olha-se também para o que já se apresenta como resultados previstos constantes dos projetos já aprovados e ainda em execução.

Este Sumário Executivo tem o intuito de servir de consulta rápida a gestores e tomadores de decisão, bem como seu público-alvo principal. Nesse sentido, o texto que segue procura sintetizar os principais argumentos, informações, destaques e conclusões, que são apresentados com mais detalhes no documento completo, “Portfólio de Mudanças Climáticas da Embrapa: Atuação, Oportunidades e Desafios para Inovação”

Oportunidades

A garantia da sustentabilidade do setor agrícola brasileiro - abrangendo culturas agrícolas, pecuária, florestas e sistemas integrados em suas vertentes econômica, social e ambiental, sempre com foco na promoção da segurança alimentar global - exige que se invista de forma planejada em soluções para a redução dos impactos e para a adaptação dos sistemas produtivos frente aos desafios impostos pelas mudanças climáticas. Tais soluções estão voltadas tanto para a redução da vulnerabilidade e aumento de sua capacidade adaptativa dos sistemas produtivos, quanto para o seu balanço de carbono. Além disso, ao incorporar as tendências e os resultados das negociações internacionais no setor agrícola, que derivam das suas necessidades e retroalimentam o cenário nacional e a atuação

da Embrapa, busca-se ações que promovam a adaptação e ofereçam cobenefícios de redução das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE). Portanto, mais que desafios, são oportunidades para as cadeias produtivas envolvidas no setor, integral ou parcialmente. Essas ações desdobram-se em oportunidades também para que o desenvolvimento científico e tecnológico ofereça soluções para esses desafios. Investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) na agricultura são fundamentais para apoiar o crescimento sustentável da produção de alimentos, dados os cenários de mudança do clima. As tecnologias listadas pelo Portfólio de Mudanças Climáticas da Embrapa, neste documento, abrangem desde práticas tradicionais de manejo

até modernas aplicações agrícolas, além de ferramentas biotecnológicas e informações estruturadas que se apresentam como oportunidades de investimento e inovação. A efetiva ampliação do uso do conjunto de tecnologias e conhecimentos terá impactos importantes na produção agrícola, consumo, comércio, qualidade ambiental e segurança alimentar. Essa abordagem num mercado de inovações, focado em adaptar a agropecuária e as florestas a um clima em mudança, deve fornecer um caminho de preparação para um futuro incerto e ser baseada nos seguintes princípios: as alterações e a variabilidade climáticas futuras devem ser consideradas em todos os aspectos da tomada de decisão, com o uso de indicadores e sistemas para medir e acompanhar a eficácia das ações; deve haver cooperação interorganizacional e multissetorial, com avaliação sistemática da preparação organizacional, pública ou privada, nacional ou [internacional, para os desafios da adaptação às mudanças climáticas; e deve-se avaliar a vulnerabilidade às mudanças climáticas, considerando-se opções de adaptação e os cobenefícios da mitigação de GEE, em diferentes escalas. Essa abordagem oferece oportunidades, como: intensificação de aquisição, integração e uso de informações;

monitoramento e mensuração para relato e verificação; uso sustentável da terra, zoneamento do risco e identificação de vulnerabilidade, modelagem, simulação e concepção de cenários integrados; pesquisa em áreas temáticas; solo como recurso natural, seu uso e papel na mitigação e adaptação; recursos hídricos e uso da água; manejo de pragas e doenças; recursos genéticos e melhoramento; combate à desertificação; adaptação do manejo de sistemas de produção, dispondo de ampla gama de tecnologias para a sua sustentabilidade econômica, social e ambiental; desenvolvimento rural (transferência de tecnologia e assistência técnica); certificação e ferramentas de mercado para viabilizar o desenvolvimento e uso de práticas e tecnologias adaptadoras e mitigadoras; políticas públicas e instrumentos normativos. Diante desse contexto, o objetivo geral do Portfólio de Mudanças Climáticas é integrar ações de PD&I da Embrapa e seus parceiros, visando oferecer alternativas técnico-científicas para a adaptação e a sustentabilidade da agricultura brasileira frente aos desafios impostos pela mudança do clima, contribuindo para a segurança alimentar nacional e global e para o controle das emissões nacionais de GEE.

Desafios para inovação

Com base no cenário descrito, na abrangência nacional do tema, na análise profunda dos resultados técnico-científicos disponíveis no País, e nas necessidades prementes para enfrentar as mudanças climáticas, o comitê gestor do portfólio delineou desafios para inovação para nortear os projetos de pesquisa e os ativos tecnológicos a serem entregues à sociedade, como resposta ao enfrentamento da mudança do clima. Os desafios para inovação para o portfólio contemplam a abrangência e completude de seu escopo de atuação, conforme a Tabela 1 que segue:

Tabela 1. Desafios para Inovação (DI) e respectiva contextualização orientadora.

Desafios para inovação	Contextualização
<p>Projetar cenários de risco climático dos principais sistemas de produção agropecuários decorrentes de estresses hídrico, térmico e alterações na dinâmica de problemas fitossanitários, intensificados pelas mudanças climáticas</p>	<p>A avaliação de riscos de perda de produtividade dos sistemas agropecuários*, baseada em zoneamentos e cenários atuais e na projeção de cenários futuros, que considerem os impactos da mudança do clima sobre fatores de produção bióticos e abióticos, possibilita a tomada de decisão para a adoção de medidas preventivas, a promoção da redução de perdas, a formação de mecanismos de transferência de risco e a expansão do seguro agrícola. Possibilita, também, a identificação de áreas vulneráveis e sua priorização em políticas e ações de adaptação (*sistemas agrícolas, pecuários, florestais e suas integrações).</p>
<p>Aumentar a capacidade adaptativa e a resiliência dos sistemas de produção agrícola com maior impacto econômico projetado e relevância para segurança alimentar a partir de cenários de mudanças climáticas</p>	<p>O principal desafio em Mudanças Climáticas para a agropecuária é garantir a manutenção ou a ampliação da produtividade dos sistemas agrícolas, pecuários e florestais, mesmo sob cenários climáticos adversos. Muitos dos sistemas de produção agropecuária atuais possuem baixa capacidade adaptativa e baixa resiliência aos impactos das mudanças climáticas, o que provavelmente ocasionará perdas de produção, com grandes prejuízos econômico e social.</p> <p>Por isso é essencial promover o aumento da capacidade adaptativa dos sistemas de produção agrícolas de modo a mitigar os riscos econômicos e os prejuízos à segurança alimentar, especialmente em ambientes ou regiões onde os efeitos das mudanças do clima, projetados nos cenários de riscos de perda, se mostrem mais relevantes.</p> <p>A adaptação dos sistemas de produção pode seguir várias estratégias. Destacam-se algumas vertentes de adaptação como o melhoramento genético, por meio da disponibilização de cultivares e ativos biotecnológicos e o uso de práticas de manejo do solo e dos sistemas de produção mais eficientes, buscando o melhor aproveitamento da água e outros insumos, o bem-estar animal e a sustentabilidade dos sistemas.</p>
<p>Estruturar plataforma digital e integrada de inteligência para a gestão do risco climático na agricultura brasileira (CICLAG)</p>	<p>No Plano Nacional de Adaptação está priorizada a criação de um sistema de inteligência para a gestão do risco climático na agricultura que, entretanto, ainda está incompleto. Esse sistema pressupõe a integração de informações e o desenvolvimento e adaptação de sistemas de mineração de dados e métodos analíticos para a gestão de prioridades e suporte à tomada de decisão nas esferas privada e pública, da escala municipal à federal, no âmbito da temática da mudança do clima.</p>
<p>Estruturar plataforma digital para caracterização do nível de sustentabilidade dos sistemas agrícolas, pecuários e florestais e dos efeitos nela produzidos por indicações de ajustes no manejo desses sistemas de produção</p>	<p>A caracterização quantitativa da sustentabilidade dos sistemas agrícolas, pecuários, florestais e integrados depende de métricas, indicadores e modelos funcionais e acessíveis que expressem adequadamente a condição atual de cada sistema e permitam a avaliação objetiva dos efeitos neles promovidos por ações de adaptação. O desenvolvimento dessas métricas, indicadores e modelos e sua integração numa plataforma digital possibilita aprimorar o diagnóstico, a adoção de medidas de melhoria, a recomendação e o direcionamento para condição futura mais sustentável para os sistemas de produção. O estabelecimento dessa plataforma também permitirá avaliar, validar, ou até mesmo adequar políticas públicas, ações e programas no escopo da adaptação à mudança do clima.</p>

Agregar valor aos produtos gerados em sistemas integrados (ILP e ILPF) e outros sistemas que promovam a capacidade adaptativa das cadeias mais vulneráveis e o controle das emissões de GEE nas cadeias de grãos, pecuária bovina e agroenergia.

Tradicionalmente, os sistemas de produção têm priorizado a produtividade e o retorno econômico, desconsiderando a provisão de múltiplos serviços ambientais que contribuem para a sustentabilidade do empreendimento. Por outro lado, o consumidor está cada vez mais interessado em adquirir produtos originados de sistemas ambientalmente corretos e que promovam a biodiversidade, o bem-estar animal e a redução do desperdício.

Ações como o pagamento por serviços ambientais (PSA) e o processo de certificação, de rastreabilidade e a criação de marcas-conceito, que geralmente lançam mão da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), possibilitam aumentar a captura de valor ao longo das cadeias produtivas baseadas em sistemas integrados e que geram menor emissão de GEE, permitindo maior inserção dos produtos nos mercados, aumentando a visibilidade dos impactos socioeconômicos e ambientais gerados por esses sistemas.

Monitorar em larga escala os estoques de C e N e emissões de GEE (na lógica MRV-Monitoramento, Relato e Verificação), representando adequadamente a realidade dos sistemas de produção brasileiros

Se por um lado, a atividade agropecuária sofre o impacto da mudança do clima, ela também impacta na qualidade dos ecossistemas e do ambiente produtivo, com reflexos nem sempre positivos para a mudança do clima. A evolução desses impactos deve ser monitorada para apoiar tomadas de decisão adequadas visando assegurar a sustentabilidade dos sistemas produtivos.

Nesse sentido, no âmbito da UNFCCC, estabeleceu-se o processo de Monitoramento, Relato e Verificação, que demanda que as partes signatárias da convenção do clima realizem monitoramento e inventário de suas emissões de GEE e os relatem em Comunicações Nacionais periódicas e que permitam sua verificação por comitês internacionais vinculados à ONU.

Metodologias e protocolos para o monitoramento desses indicadores em larga escala são necessários para a realização do inventário de emissões nacionais e para relatar e validar os resultados de programas e políticas públicas nacionais que tratam das mudanças climáticas.

Esse inventário, e o próprio processo de relato e verificação, dependem de plataformas digitais que permitam armazenar, organizar e analisar banco de dados de fatores de emissão e de atividades nacionais e de conjunto de informações e indicadores associados. Exige também uma capacidade de filtragem e visualização de informações e mapas, seja para a análise e relato em si, seja para o processo de verificação.

Reduzir ou controlar as emissões de GEE oriundas da bovinocultura de corte extensiva e do uso de fertilizantes nitrogenados e combustíveis fósseis nos sistemas agropecuários brasileiros

Atualmente, 76% das emissões totais de metano (CH₄) do Brasil são provenientes do setor agropecuário, dominado pelas emissões oriundas da fermentação entérica da bovinocultura de corte (59%) (Quarta..., 2021). Oitenta e sete por cento (87%) das emissões totais de óxido nitroso (N₂O) são provenientes do setor agropecuário, dominado pelas emissões de solos manejados (emissões diretas + indiretas, 84%), atribuídas principalmente a animais em pastagem, utilização de fertilizantes sintéticos e manejo de resíduos agrícolas. As emissões de CO₂ na agricultura (calagem e aplicação de ureia) aumentaram em 44% no período 2010-2016. Para reduzir a contribuição da agropecuária brasileira para o aumento da concentração de GEE na atmosfera e para o cumprimento dos compromissos assumidos pelo Brasil no Acordo do Clima de Paris, precisam ser implementadas técnicas, práticas e tecnologias, adequadas às características regionais e que promovam o controle ou redução de emissões de GEE.

Projetar cenários de emissões nacionais de GEE das atividades agropecuárias baseados em fatores de emissão e modelos específicos da realidade brasileira (tier 2 e 3 IPCC)

O uso de cômputo de emissões default IPCC (tier 1) não reflete a realidade da agricultura brasileira e, em geral, resulta na superestimativa das emissões de GEE, sendo prejudicial ao país. Isto ocorre devido à ausência de fatores de emissão, de dados de atividades e de modelos de balanço de C adequados à realidade brasileira (tier 2 e tier 3).

Atuação do portfólio, principais demandas e oportunidades para **inovação**

Portfólio de Mudanças Climáticas

Objetivo Geral

Integrar ações de PD&I visando oferecer alternativas técnico-científicas para a adaptação e a sustentabilidade da agricultura brasileira frente aos desafios impostos pela mudança do clima, contribuindo para a segurança alimentar nacional e global e para o controle das emissões nacionais de gases de efeito estufa.

Objetivos Específicos, Oportunidades e Desafios para Inovação

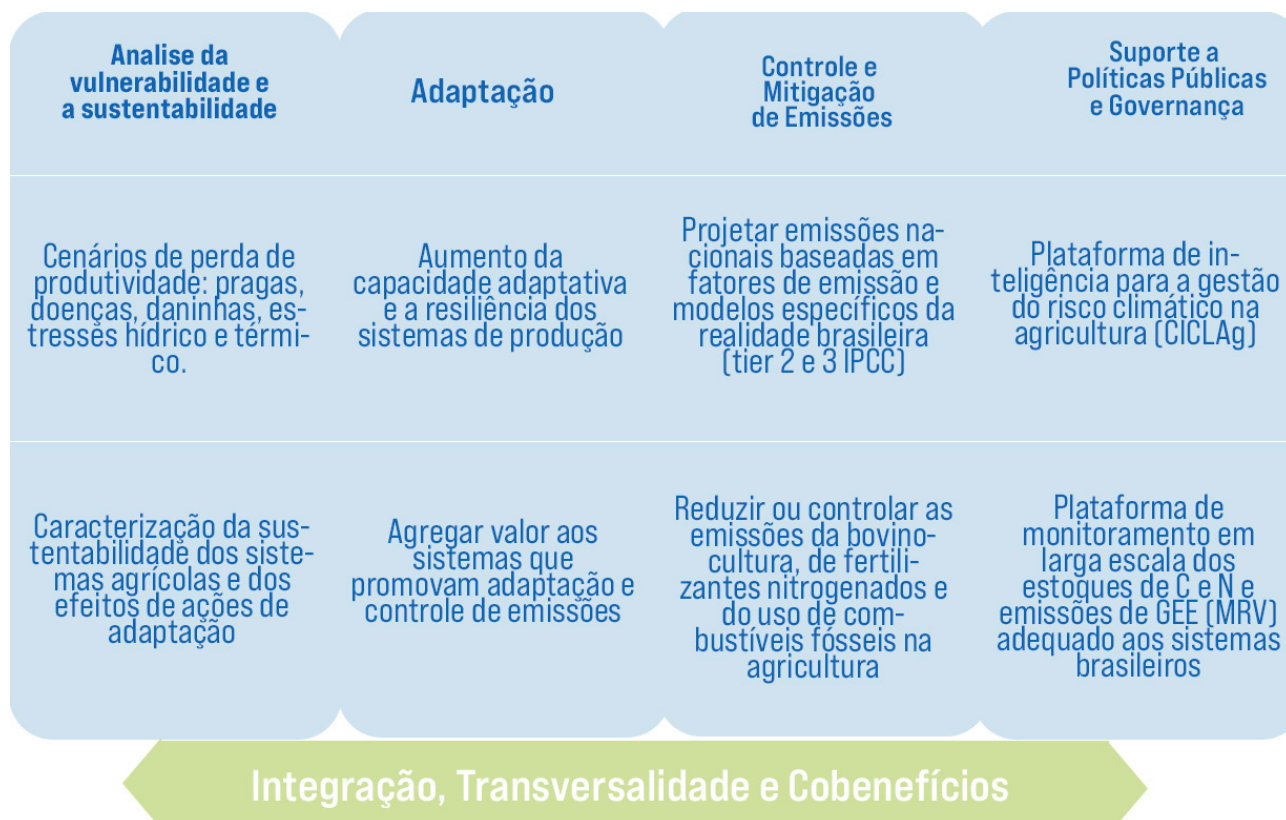


Figura 1. Atuação do Portfólio e principais demandas e oportunidades para inovação no âmbito de sua temática

Alinhamento estratégico

No que diz respeito ao alinhamento estratégico desse escopo de atuação, ele incorpora integralmente o enfoque expresso no documento “VII Plano Diretor da Embrapa – 2020-2030” (VII-PDE) (Embrapa, 2020c), podendo-se destacar as contribuições para os seus respectivos eixos de impacto, conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Alinhamento estratégico dos Desafios para Inovação (DI) e ações do Portfólio de Mudanças Climáticas com as Especificações do Objetivo Estratégico “7. Desenvolver informação, conhecimento e tecnologia para o enfrentamento dos efeitos da mudança do clima na agropecuária” (OE7) do VII Plano Diretor da Embrapa.

Especificações do OE7 Tema Mudança do Clima do VII PDE	Alinhamento Estratégico
<p>Desenvolver e implementar avanços tecnológicos em ritmo e intensidades capazes de contrapor aos efeitos negativos da mudança do clima, garantindo o maior benefício e a segurança das atividades agrícolas frente às alterações climáticas e respeitando diferenças regionais.</p>	<p>A adaptação às mudanças climáticas e seus cobenefícios de mitigação, alicerçados nos princípios da UNFCCC de garantir a segurança alimentar e o desenvolvimento sustentável, também exige inovação, com a concepção e uso de tecnologias alternativas, emergentes, revolucionárias e disruptivas, e que permitam estabelecer um novo modelo de desenvolvimento. Pesquisas que busquem essa adaptação e mitigação e que sejam pautadas pela sustentabilidade, ainda que usando tecnologias estabelecidas, obrigatoriamente promoverão a inovação e o avanço da fronteira do conhecimento.</p> <p>Desenvolvimento de métricas de sustentabilidade que considerem a complexidade da agricultura tropical e que sejam baseadas em critérios reconhecidos e negociados pela comunidade internacional, podem auxiliar na construção de novas tecnologias para uma agricultura mais sustentável, gerando soluções que permitam ampliar a competitividade do setor, considerando as múltiplas dimensões da sustentabilidade (técnico-econômica, social e ambiental), consolidando sistemas de produção mais limpos, com balanço positivo de carbono, que integrem as cadeias e promovam a inclusão produtiva. Melhoria na conservação e aproveitamento dos recursos naturais em função dos sistemas de produção mais bem manejados; produtos agropecuários de melhor qualidade; uso Racional de Insumos; novos produtos e insumos para a produção sustentável; certificações; políticas públicas; melhoria da imagem da cadeia do agronegócio.</p>
<p>Viabilizar soluções tecnológicas que contribuam para a implementação de políticas públicas, bem como disponibilizar informações e conhecimentos para subsidiar decisões e objetivos estratégicos de governo, tais como mecanismos (informações, modelos, sistemas) de prevenção e mitigação de riscos e eventos associados às mudanças climáticas.</p>	<p>Plataforma de Monitoramento do Plano ABC e Grupos Gestores dos Planos ABC estaduais e nacionais, Plano ABC, Plano Nacional de Adaptação, NAMAs, NDCs, Comunicações Nacionais à UNFCCC e Inventário Nacional de Gases de Efeito Estufa, assessoria técnica nas COPs, representações internacionais, Zoneamento Agrícola de Risco Climático etc. foram e continuarão sendo importantes contribuições no tema, pois são ações de longo prazo que ainda demandam soluções, transferência e implementação. Novas contribuições, como o método e a ferramenta para contabilidade de carbono de biocombustíveis (RenovaCalc) para a nova Política Nacional de Biocombustíveis (Renovabio, MME), e outras em diversas escalas, são amplamente demandas no tema.</p> <p>Alternativas para a adaptação às mudanças climáticas e seus cobenefícios de mitigação colaboram para essa estratégia, podendo ser focadas, p.e., no desenvolvimento de inoculantes, fertilizantes, cultivares e sistemas de manejo mais eficientes, novos produtos e formas de geração da agroenergia. Certificações de Carne Carbono Neutro e Leite Carbono Neutro, de Carne Baixo Carbono, de biocombustíveis (integrante do Programa RenovaBio, MME) podem promover uma produção mais limpa, baseada no aumento da eficiência de processos e na redução de impactos ambientais. Também podem contribuir para o aumento da participação de combustíveis renováveis e com menor pegada de carbono na matriz energética brasileira.</p>

Priorização: destaques da consulta a *stakeholders*

Os *stakeholders* foram categorizados em indivíduos ligados ao setor produtivo, à academia, pesquisa e governo ainda ao terceiro setor. Três conjuntos de análises foram realizados com base em diferentes segregações dos dados referentes aos *stakeholders* vinculados ao setor produtivo em todas as partes de sua cadeia:

1. Duas análises integradas para todo o setor produtivo (cada uma delas com um subconjunto diferente em função de dois níveis de restrição na delimitação do conceito de setor produtivo).
2. Uma análise segregada em subgrupos amostrais referentes a cada uma das características amostradas.
3. Uma análise segregada em subgrupos amostrais focados em características temáticas dos desafios, sejam estas: adaptação, mista e mitigação.

Apesar das diferenças entre os subgrupos nos três tipos de abordagens adotadas, houve grande consistência na priorização dos desafios.

Diante dos resultados dessas análises, o Comitê Gestor do Portfólio de Mudanças Climáticas observou também que a indicação da ordem de priorização pelos *stakeholders*, também se mostrou bastante coerente com o observado em consulta interna à Embrapa, realizada e analisada previamente pelo Comitê, durante a definição dos DIs. Os DIs priorizados por essas análises são:

1

Aumentar a capacidade adaptativa e a resiliência

Aumentar a capacidade adaptativa e a resiliência dos sistemas de produção agrícola com maior impacto econômico projetado e relevância para segurança alimentar a partir de cenários de mudanças climáticas.

2

Agregar valor

Agregar valor aos produtos gerados em sistemas integrados (SAF, ILP e ILPF) e outros sistemas que promovam a capacidade adaptativa das cadeias mais vulneráveis e o controle das emissões de GEE nas cadeias de grãos, pecuária bovina e agroenergia.

3

Plataforma digital para manejo de sistemas de produção

Estruturar plataforma digital para caracterização do nível de sustentabilidade dos sistemas agrícolas, pecuários e florestais e dos efeitos nela produzidos por indicações de ajustes no manejo desses sistemas de produção.

O que estamos produzindo? Destaques da análise de ativos

Após essa contextualização e definição de DIs sobre mudança do clima e agricultura, não se poderia deixar de analisar o que a Embrapa já produziu no tema e quais são os resultados já previstos nos projetos em execução. Essa análise foi realizada por meio de sistemas que auxiliam na gestão de ativos tecnológicos (Gestec) e gestão da pesquisa (Ideare) da Embrapa a fim de buscar os resultados obtidos ao longo dos últimos anos sobre o tema.

Analisados na perspectiva temporal (Figura 2), pelo ano de lançamento, os dados do Gestec (Embrapa, 2020a) indicam uma alta na entrega de ativos desde a década de 80, chegando ao número máximo em 2018. Percebem-se pelo menos três ondas de incremento de ativos, gradativamente mais intensas. Embora seja necessária ainda uma análise mais pormenorizada, pode-se associar a primeira onda, aproximadamente entre 1999 e 2003, aos resultados vinculados ao projeto Agritempo e às primeiras fases do Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC). Já a segunda, aproximadamente de 2005 a 2011, pode-se associar a resultados dos projetos de pesquisa do MacroPrograma1 (MP1) do então Sistema Embrapa de Gestão (SEG) vinculados ao ZARC, ZARC para culturas consorciadas e ZARC cana. Na última onda, observa-se o crescente, e de forma ainda mais intensa, número de ativos entregues a partir de 2012, resultado do estímulo aos seis projetos MP1 (SCAF, ClimaPeste, AgroHidro, Pecu, Saltus e Fluxus), desenvolvidos a partir de 2009, e de suas posteriores derivações, como o resultado de processo de indução ativa dos precursores do Portfólio de Mudanças Climáticas.

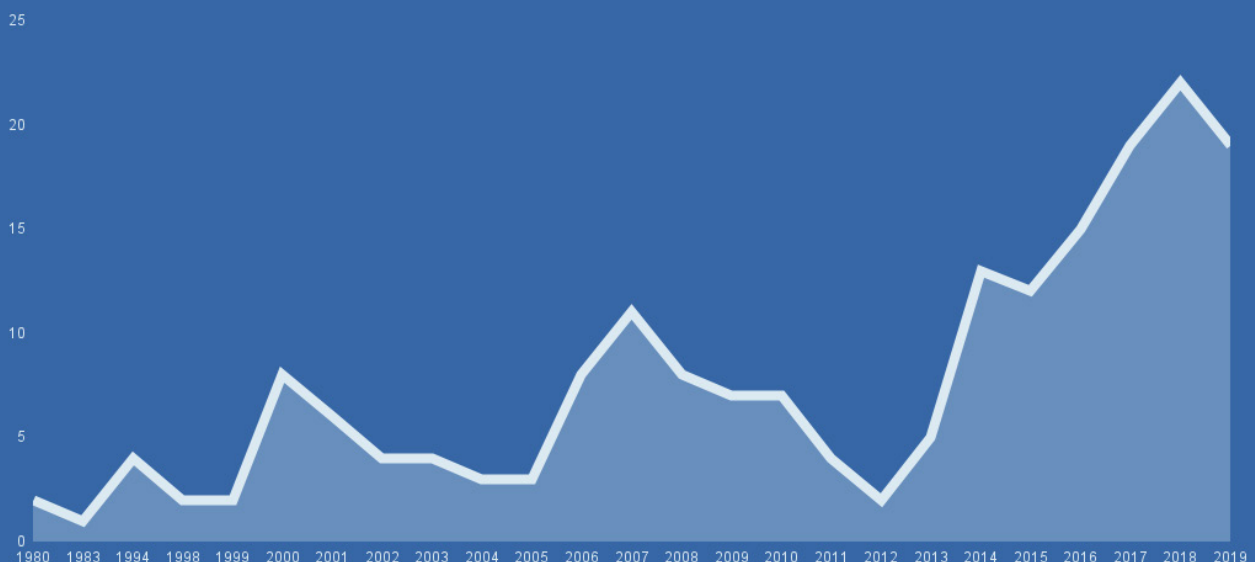


Figura 2. Ativos por ano de lançamento.
Fonte: Embrapa (2020a).

Maturidade dos ativos

Pela ótica da escala de maturidade (Figura 3), de um total de mais de 250 ativos, apenas 8% alcançaram TRL 8 e 9, sendo necessários esforços de transferência de tecnologias (TT) para que esses ativos cheguem ao setor produtivo, seja por licenciamento, disponibilização gratuita ou outras estratégias de TT. Para os demais ativos, em níveis intermediários de desenvolvimento, cabe a busca por parceiros no setor produtivo para projetos Tipo III, ou ainda, o desenvolvimento exclusivo do ativo pela Embrapa, caso apresente potencial de impacto.

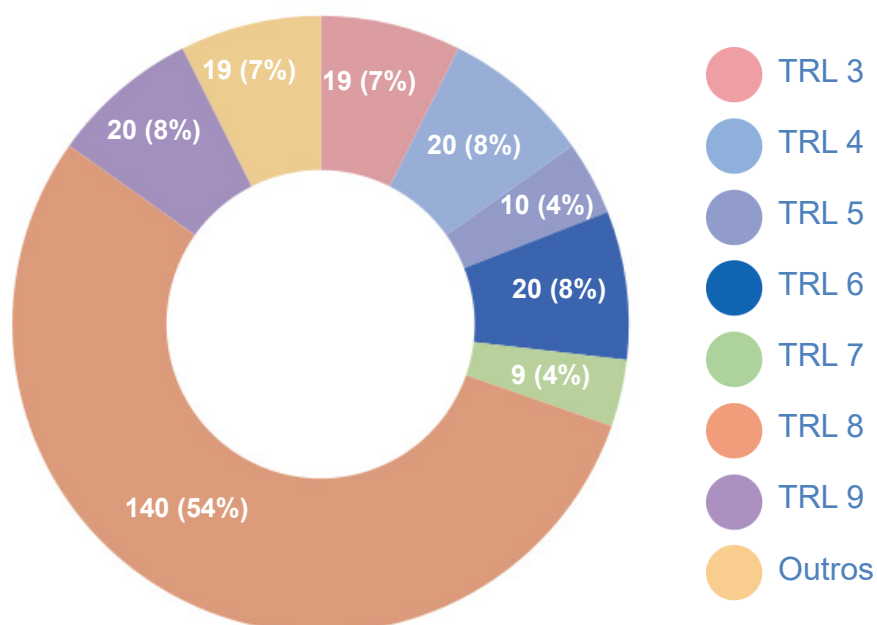


Figura 3. Ativos por Nível de Maturidade (TRL).
Fonte: Adaptado de Embrapa (2020a).

Diferentemente dos resultados registrados no Gestec – que por natureza recebe registros prioritariamente ativos já em TRLs mais altas –, os resultados previstos no Ideare (Figura 4) para o Portfólio de Mudanças Climáticas são, em sua grande maioria, ativos pré-tecnológicos e de apoio à inovação, enquanto os ativos tecnológicos correspondem apenas a 20% do total. Vale ressaltar que o Portfólio de Mudanças Climáticas caracteriza pela transversalidade, com projetos em diferentes cadeias produtivas, como as de grãos, pecuárias e florestais, cuja programação de pesquisa está vinculada a outros portfólios. Esse quadro evidencia a oportunidade de aproximação do setor produtivo, visando o estabele-

cimento de parcerias para a introdução desses ativos no mercado. Nesse sentido, induzir projetos do Tipo III pode ser uma boa alternativa para essa aproximação.

Tanto os resultados da análise dos *stakeholders* quanto a de ativos estão servindo de base para as priorizações de ações da Embrapa no tema de mudanças climáticas, como ocorreu nas Chamadas de projetos de 2020. Seu aprimoramento e o alinhamento com o sétimo Plano Diretor da Embrapa (VII PDE) são foco de atenção do Comitê Gestor do Portfólio de Mudanças Climáticas da Embrapa em 2021, buscando o aprimoramento e efetividade das ações.

Portfólio: Mudanças Climáticas (MudClim)

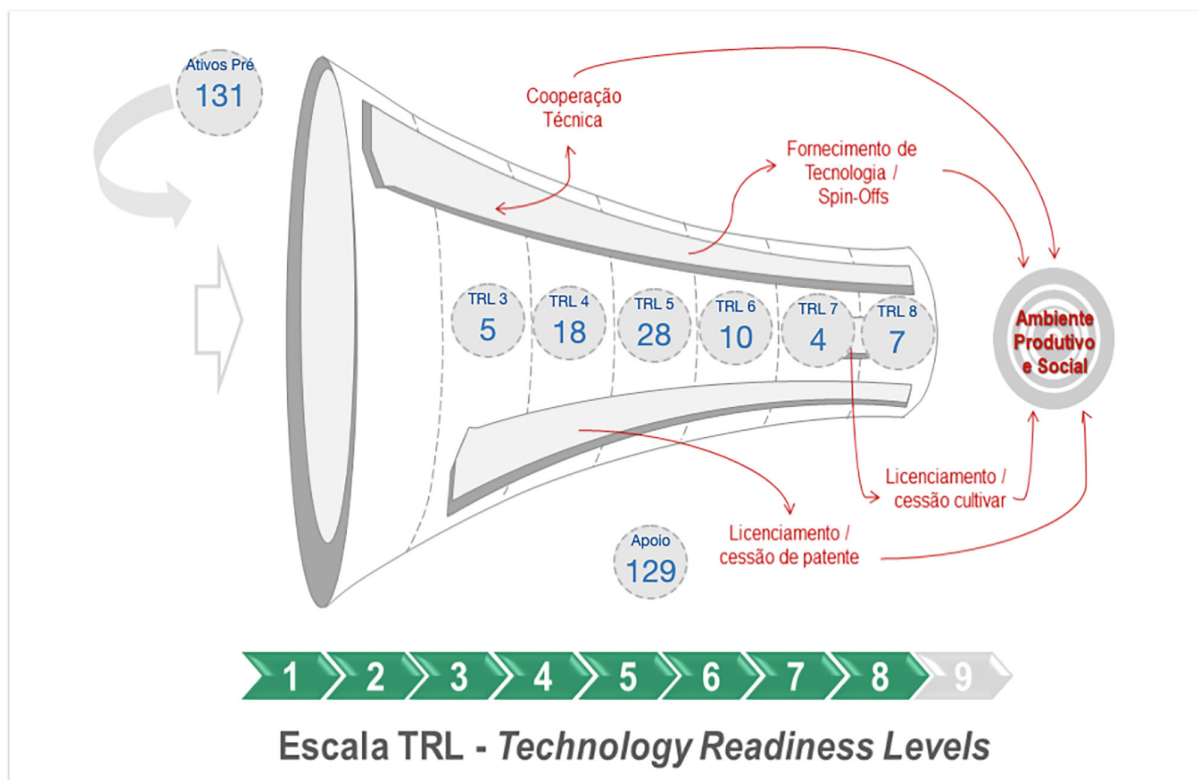


Figura 4. Funil de inovação do Portfólio Mudanças Climáticas.
Fonte: Embrapa (2020b).

Autores



Giampaolo Queiroz Pellegrino

Engenheiro florestal, doutor em Engenharia Agrícola, pesquisador da Embrapa Agricultura Digital, Campinas, SP



Marília Ieda da Silveira Folegatti Matsuura

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



Alexandre Ferreira do Nascimento

Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop, MT



Bruno José Rodrigues Alves

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ



Carlos Eduardo Pacheco Lima

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



Anderson Santi

Engenheiro-agrônomo, mestre em Agronomia, pesquisador da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS



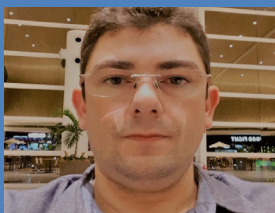
Josileia Acordi Zanatta

Engenheira-agrônoma, doutora em Ciência do Solo, pesquisadora da Embrapa Florestas, Colombo, PR



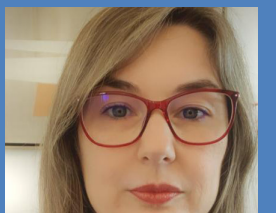
Beata Eموke Madari

Engenheira-agrônoma, Ph.D. em Ciência do Solo e Nutrição de Plantas, pesquisadora da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO



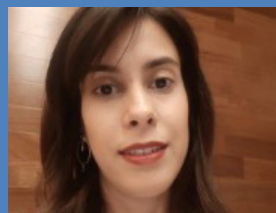
Tiago Rolim Marques

Administrador, mestre em Administração e Negócios, analista da Secretaria de Inovação e Negócios, Bagé, RS



Francislene Angelotti

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



Aline Oliveira Zacharias

Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia, analista da Secretaria de Inovação e Negócios da Embrapa, Uberlândia, MG



Vitor Del Alamo Guarda

Biólogo, doutor em Ciência Animal e Pastagens, Pesquisador da Secretaria de Inovação e Negócios, Campinas, SP

Referências

EMBRAPA. **GESTEC**: Gestão dos Ativos Tecnológicos da Embrapa. Disponível em: <<https://sistemas.sede.embrapa.br/gestec/paginas/home.xhtml>>. Acesso em: 7 nov. 2020a.

EMBRAPA. **Ideare**. Disponível em: <<https://sistemas.sede.embrapa.br/ideare/>>. Acesso em: 7 nov. 2020b.

EMBRAPA. **VII Plano Diretor da Embrapa 2020-2030**. Brasília, DF, 2020c. 31 p. il. color. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/217274/1/VII-PDE-2020.pdf>>. Acesso em: 3 jan. 2022.

QUARTA comunicação nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Brasília, DF: Ministério da Ciência Tecnologia e Inovações, 2021. 619 p.

PELLEGRINO, G. Q.; MATSUURA, M. I. da S. F.; NASCIMENTO, A. F. do; ALVES, B. J. R.; LIMA, C. E. P.; SANTI, A.; ZANATTA, J. A.; MADARI, B. E.; MARQUES, T. R.; ANGELOTTI, F.; ZACHARIAS, A. O.; GUARDA, V. D. A. **Portfólio de mudanças climáticas da Embrapa**: atuação, oportunidades e desafios para inovação. Campinas: Embrapa Agricultura Digital, 2022. (Embrapa Agricultura Digital. Documentos, 182). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1139548/1/Doc182-2022.pdf>>. Acesso em: 8 fev. 2022.

Literatura recomendada

ADOPTION of the Paris agreement. In: CONFERENCE OF THE PARTIES, 21., 2015, Paris. [**Framework convention on climate change**]. Paris: United Nations, 2015. 32 p. Disponível em: <<https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

ALEXANDER, P.; PAUSTIAN, K.; SMITH, P.; MORAN, D. The economics of soil C sequestration and agricultural emissions abatement. *Soil*, v. 1, n. 1, p. 331-339, 2015. DOI: 10.5194/soil-1-331-2015.

ALMEIDA, R. G. de; OLIVEIRA, P. P. A.; MACEDO, M. C. M.; PEZZOPANE, J. R. M. Recuperação de pastagens degradadas e impactos da pecuária na emissão de gases de efeito estufa. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FORAGE BREEDING, 3., 2011, Bonito, MS. **Breeding forages for climate change adaptation and mitigation - eco-efficient animal production**: proceedings. [Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte], 2011. p. 384-400.

ALVES, F. V.; ALMEIDA, R. G. de; LAURA, V. A. (Ed.). **Carbon neutral Brazilian beef**: a new concept for sustainable beef production in the tropics. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 28 p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 243). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/167390/1/Carbon-neutral-brazilian-beef.pdf>> Acesso em: 22 dez. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14040**: gestão ambiental: avaliação do ciclo de vida: princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2014. 21 p. Versão corrigida.

BARRETT, C. B.; BENTON, T. G.; COOPER, K. A.; FANZO, J.; GANDHI, R.; HERRERO, M.; JAMES, S.; KAHN, M.; MASON-D'CROZ, D.; MATHYS, A.; NELSON, R. J.; SHEN, J.; THORNTON, P.; BAGEANT, E.; FAN, S.; MUDE, A. G.; SIBANDA, L. M.; WOOD, S. Bundling innovations to transform agri-food systems. *Nature Sustainability*, v. 3, n. 12, p. 974-976, Dec. 2020. DOI: 10.1038/s41893-020-00661-8.

BERNDT, A.; TOMKINS, N. W. Measurement and mitigation of methane emissions from beef cattle in tropical grazing systems: a perspective from Australia and Brazil. *Animal*, v. 7, p. 363-372, 2013. Supplement 2. DOI: 10.1017/S1751731113000670.

BRASIL. Portaria nº 149, de 10 de maio de 2016. Institui o Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 11 maio 2016. Seção I, p. 131-132.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura**: plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono). Brasília, DF, 2012. 173 p. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/arquivo-publicacoes-plano-abc/download.pdf>>. Acesso em: 16 maio 2021.

BRASIL. Presidência da República. **Pretendida contribuição nacionalmente determinada para consecução do objetivo da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre mudança do clima**. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <<https://www.gov.br/mre/pt-br/arquivos/documentos/clima/brasil-indc-portugues.pdf>> Acesso em: 20 abr. 2021.

BRIENEN, R. J. W.; PHILLIPS, O. L.; FELDPAUSCH, T. R.; GLOOR, E.; BAKER, T. R.; LLOYD, J.; LOPEZ-GONZALEZ, G.; MONTEAGUDO-MENDOZA, A.; MALHI, Y.; LEWIS, S. L.; VÁSQUEZ MARTINEZ, R.; ALEXIADES, M.; ÁLVAREZ DÁVILA, E.; ALVAREZ-LOAYZA, P.; ANDRADE, A.; ARAGÃO, L. E. O. C.; ARAUJO-MURAKAMI, A.; ARETS, E. J. M. M.; ARROYO, L.; AYNARD C., G. A.; BÁNKI, O. S.; BARALOTO, C.; BARROSO, J.; BONAL, D.; BOOT, R. G. A.; CAMARGO, J. L. C.; CASTILHO, C. V.; CHAMA, V.; CHAO, K. L. CHAVE, J.; COMISKEY, J. A.; CORNEJO VALVERDE, F.; COSTA, L. da; OLIVEIRA, E. A. de; DI FIORE, A.; ERWIN, T. L.; FAUSET, S.; FORSTHOFER, M.; GALBRAITH, D. R.; GRAHAME, E. S.; GROOT, N.; HÉRAULT, B.; HIGUCHI, N.; HONORIO CORONADO, E. N.; KELLING, H.; KILLEEN, T. J.; LAURANCE, W. F.; LAURANCE, S.; LICONA, J.; MAGNUSSEN, W. E.; MARIMON, B. S.; MARIMON-JUNIOR, B. H.; MENDOZA, C.; NEILL, D. A.; NOGUEIRA, E. M.; NÚÑEZ, P.; PALLQUI CAMACHO, N. C.; PARADA, A.; PARDO-MOLINA, G.; PEACOCK, J.; PEÑA-CLAROS, M.; PICKAVANCE, G. C.; PITMAN, N. C. A.; POORTER, L.; PRIETO, A.; QUESADA, C. A.; RAMÍREZ, F.; RAMÍREZ-ANGULO, H.; RESTREPO, Z.; ROOPSIND, A.; RUDAS, A.; SALOMÃO, R. P.; SCHWARZ, M.; SILVA, N.; SILVA-ESPEJO, J. E.; SILVEIRA, M.; STROPP, J.; TALBOT, J.; TERSTEEGE, H.; TERAN-AGUILAR, J.; TERBORGH, J.; THOMAS-CAESAR, R.; TOLEDO, M.; TORELLO-RAVENTOS, M.; UMETSU, R. K.; VAN DER HEIJDEN, G. M. F.; VAN DER HOUT, P.; VIEIRA, I. C. G.; VIEIRA, S. A.; VIILANOVA, E.; VOS, V. A.; ZAGT, R. J. Long-term decline of the Amazon carbon sink. *Nature*, v. 519, n. 7543, p. 344-348, Mar. 2015. DOI: 10.1038/nature14283.

CHENU, C.; ANGERS, D. A.; BARRÉ, P.; DERRIEN, D.; ARROUAYS, D.; BALESSENT, J. Increasing organic stocks in agricultural soils: knowledge gaps and potential innovations. *Soil and Tillage Research*, v. 188, p. 41-52, May 2019. DOI: 10.1016/j.still.2018.04.011.

CREMADES, R.; SURMINSKI, S.; MÁÑEZ COSTA, M.; HUDSON, P.; SHRIVASTAVA, P.; GASCOIGNE, J. Using the adaptive

cycle in climate-risk insurance to design resilient futures. **Nature Climate Change**, v. 8, n. 1, p. 4-7, Jan. 2018. DOI: 10.1038/s41558-017-0044-2.

DESPOMMIER, D. The vertical farm: controlled environment agriculture carried out in tall buildings would create greater food safety and security for large urban populations. **Journal of Consumer Protection and Food Safety**, v. 6, n. 2, p.233-236, June 2011. DOI: 10.1007/s00003-010-0654-3.

EMBRAPA. **Visão 2014-2034**: o futuro do desenvolvimento tecnológico da agricultura brasileira. Brasília, DF, 2014. 194 p. il. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/108955/1/Documento-Visao-versao-completa.pdf>>. Acesso em: 1 dez. 2021.

EMBRAPA. Secretaria de Desenvolvimento Institucional. **Macroprocesso de inovação da Embrapa**. Brasília, DF, 2018. Documento orientador.

FAO. **Adapting agriculture to climate change**. Rome, 2016. 12 p. (FAO's work on climate change adaptation). Disponível em: <<https://www.fao.org/3/i6398e/i6398e.pdf>>. Acesso em: 1 dez. 2021.

FUJIMORI, S.; HASEGAWA, T.; KREY, V.; RIAHI, K.; BERTRAM, C.; BODIRSKY, B. L.; BOSETTI, V.; CALLEN, J.; DESPRÉS, J.; DOELMAN, J.; DROUET, L.; EMMERLING, J.; FRANK, S.; FRICKO, O.; HAVLIK, P.; HUMPENÖDER, F.; KOOPMAN, J. F. L.; VAN MEIJL, H.; OCHI, Y.; POPP, A.; SCHMITZ, A.; TAKAHASHI, K.; VAN VUUREN, D. A multi-model assessment of food security implications of climate change mitigation. **Nature Sustainability**, v. 2, n. 5, p. 386-396, May 2019. DOI: 10.1038/s41893-019-0286-2.

GERBER, P. J.; STEINFELD, H.; HENDERSON, B.; MOTTET, A.; OPIO, C.; DIJKMAN, J.; FALCUCCI, A.; TEMPIO, G. **Tackling climate change through livestock**: a global assessment of emissions and mitigation opportunities. Rome: FAO, 2013. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/018/i3437e/i3437e.pdf>>. Acesso em: 27 mai. 2017.

GESTÃO de riscos climáticos com foco em precificação de carbono: análise das empresas brasileiras respondentes ao programa Climate Change. [S. l.]: CDP, 2017. 67 p. Disponível em: <http://lowcarbonbrazil.com.br/docs/pdf/L11_CDP_carbon_pricing.pdf>. Acesso em: 4 jun. 2019.

GILL, D.; MAGIN, G.; BERTRAM, E. **Trees and climate change**: a guide to the factors that influence species vulnerability and a summary of adaptation options. Cambridge: Fauna & Flora International, 2013. 16 p.

HAVLÍK, P.; VALIN, H.; HERRERO, M.; OBERSTEINER, M.; SHMID, E.; RUFINO, M. C.; MOSNIER, A.; THORNTON, P. K.; BÖTTCHER, H.; CONANT, R. T.; FRANK, S.; FRITZ, S.; FUSS, S.; KRAXNER, F.; NOTENBAERT, A. Climate change mitigation through livestock system transitions. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.111, n.10, p. 3709-3714, Mar. 2014. DOI: 10.1073/pnas.1308044111.

HONG, C.; BURNEY, J. A.; PONGRATZ, J.; NABEL, J. E. M. S.; MUELLER, N. D.; JACKSON, R. B.; DAVIS, S. J. Global and regional drivers of land-use emissions in 1961–2017. **Nature**, v. 589, n. 7843, p. 554-561, Jan. 2021. DOI: 10.1038/s41586-020-03138-y.

HUNTER, M. C.; SMITH, R. G.; SCHIPANSKI, M. E.; ATWOOD, L. W.; MORTENSEN, D. A. Agriculture in 2050: recalibrating targets for sustainable intensification. **BioScience**, v. 67, n. 4, p. 386-391, Apr. 2017. DOI: 10.1093/biosci/bix010.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate change and land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land**

management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems: summary for policymakers. [Geneva]: IPCC, 2020. 36 p. Edited by: Valérie Masson-Delmotte, Hans-Otto Pörtner, Jim Skea, Raphael Slade, Marion Ferrat, Suvadip Neogi, Joana Portugal Pereira, Katie Kissick, Eduardo Calvo Buendía, Sarah Connors, Eamon Haughey, Minal Pathak, Purvi Vyas, Malek Belkacemi, Panmao Zhai, Debra Roberts, Priyadarshi R. Shukla, Renée van Diemen, Sigourney Luz, Jan Petzold, Elizabeth Huntley, Juliette Malley. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2020/02/SPM_Updated-Jan20.pdf>. Acesso em: 3 dez. 2021.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate change 2014**: synthesis report. Geneva: IPCC, 2014. 151 p. Edited by The Core Writing Team, Rajendra K. Pachauri, Leo Meyer. Contribution of working groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Disponível em: <https://archive.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf>. Acesso em: 3 dez. 2021.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate change 2021**: the physical basis: summary for policymakers. [Geneva]: IPCC, 2021. 31 p. Edited by: Valérie Masson-Delmotte, Anna Pirani, Yang Chen, J. B. Robin Matthews, Ozge Yelekçi, Elisabeth Lonnoy, Katherine Litzell, Sarah Connors, Leah Goldfarb, Sophie Berger, Rong Yu, Thomas K. Maycock, Panmao Zhai, Clotilde Péan, Melissa I. Gomis, Mengtian Huang, Baiquan Zhou, Tim Waterfield, Nada Caud. Working Group I contribution to the sixth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM_final.pdf>. Acesso em: 3 dez. 2021.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Summary for policymakers**. [Geneva]: IPCC, 2018. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15_SPM_version_report_LR.pdf>. Acesso em: 3 dez. 2021.

JAT, M. L.; DAGAR, J. C.; SAPKOTA, T. B.; YADVINDER-SINGH; GOVAERTS, B.; RIDAURA, S. L.; SAHARAWAT, Y. S.; SHARMA, R. K.; TETARWAL, J. P.; JAT, R. K.; HOBBS, H.; STIRLING, C. Chapter three - climate change and agriculture: adaptation strategies and mitigation opportunities for food security in South Asia and Latin America. **Advances in Agronomy**, v.137, p.127-235, 2016. DOI: 10.1016/bs.agron.2015.12.005.

KOZAI, T.; NIU, G. Plant factory as a resource-efficient closed plant production system. In: KOZAI, T.; NIU, G.; TAKAGAKI, M. (Ed.). **Plant factory**: an indoor vertical farming system for efficient quality food production. Amsterdam: Elsevier, 2016. chap. 4, p. 69-90. DOI: 10.1016/B978-0-12-801775-3.00004-4.

LAL, R. Promoting “4 per Thousand” and “Adapting African Agriculture” by south-south cooperation: conservation agriculture and sustainable intensification. **Soil and Tillage Research**, v. 188, p. 27-34, May 2019. DOI: 10.1016/j.still.2017.12.015.

LAMBIN, E. F.; MEYFROIDT, P. Global land use change, economic globalization, and the looming land scarcity. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 108, n. 9, p. 3465-3472, Mar. 2011. DOI: 10.1073/pnas.1100480108.

LE QUÉRÉ, C.; ANDREW, R. M.; FRIEDLINGSTEIN, P.; SITCH, S.; HAUCK, J.; PONGRATZ, J.; PICKERS, P. A.; KORSBAKKEN, J. I.; PETERS, G. P.; CANADELL, J. G.; ARNETH, A.; ARORA, V. K.; BARBERO, L.; BASTOS, A.; BOPP, L.; CHEVALLIER, F.; CHINI, L. P.; CIAIS, P.; DONEY, S. C.; GKRTZALIS, T.; GOLL, D. S.; HARRIS, I.; HAVERD, V.; HOFFMAN, F. M.; HOPPEMA, M.; HOUGHTON, R. A.; HURTT, G.; ILYINA, T.; JAIN, A. K.; JOHANNESSEN, T.; JONES, C. D.; KATO, E.; KEELING, R. F.; GOLDEWIJK, K. K.; LANDSCHÜTZER, P.; LEFÈVRE, N.; LIENERT, S.; LIU, Z.; LOMBARDOZZI, D.; METZL, N.; MUNRO, D. R.; NABEL, J. E. M. S.; NAKAOKA, S.; NEILL, C.; OLSEN, A.; ONO, T.; PATRA, P.; PEREGON, A.; PETERS, W.; PEYLIN,

- P.; PFEIL, B.; PIERROT, D.; POULTER, B.; REHDER, G.; RESPLANDY, L.; ROBERTSON, E.; ROCHER, M.; RÖDENBECK, C.; SCHUSTER, U.; SCHWINGER, J.; SÉFÉRIAN, R.; SKJELVAN, I.; STEINHOFF, T.; SUTTON, A.; TANS, P. P.; TIAN, H.; TILBROOK, B.; TUBIELLO, F. N.; VAN DER LAAN-LUIJKX, I. T.; VAN DER WERF, G. R.; VIOVY, N.; WALKER, A. P.; WILTSHIRE, A. J.; WRIGHT, R.; ZAEHLE, S.; ZHENG, B. Global carbon budget 2018. *Earth System Science Data*, v. 10, n. 4, p. 2141-2194, 2018. DOI: 10.5194/essd-10-2141-2018.
- LIPPER, L.; THORNTON, P.; CAMPBELL, B. M.; BAEDEKER, T.; BRAIMOH, A.; BWALYA, M.; CARON, P.; CATTANEO, A.; GARRITY, D.; HENRY, K.; HOTTLE, R.; JACKSON, L.; JARVIS, A.; KOSSAM, F.; MANN, W.; MCCARTHY, N.; MAYBECK, A.; NEUFELDT, H.; REMINGTON, T.; SEN, P. T.; SESSA, R.; SHULA, R.; TIBU, A.; TORQUEBIAU, E. F. Climate-smart agriculture for food security. *Nature Climate Change*, v. 4, n. 12, p.1068-1072, Dec. 2014. DOI: 10.1038/nclimate2437.
- MANZATTO, C. V.; ARAUJO, L. S. de; ASSAD, E. D.; SAMPAIO, F. G.; SOTTA, E. D.; VICENTE, L. E.; PEREIRA, S. E. M.; LOEBMANN; D. G. dos S. W.; VICENTE, A. K. **Mitigação das emissões de gases de efeitos estufa pela adoção das tecnologias do Plano ABC**: estimativas parciais. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2020. 35 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 122). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1123612/1/Manzatto-emissoes-gases-2020.pdf>>. Acesso em: 3 dez. 2021.
- MCDOWELL, N. G.; ALLEN, D. C. Darcy's law predicts widespread forest mortality under climate warming. *Nature Climate Change*, v. 5, n. 7, p. 669-672, July 2015. DOI: 10.1038/nclimate2641.
- NOVAES, R. M. L.; PAZIANOTTO, R. A. A.; BRANDÃO, M.; ALVES, B. J. R.; MAY, A.; FOLEGATTI-MATSUURA, M. I. S. Estimating 20-year land use change and derived CO2 emissions associated to crops, pasture and forestry in Brazil and each of its 27 states. *Global Change Biology*, v. 23, n. 9, p. 3716-3728, Sept. 2017. DOI: 10.1111/gcb.13708.
- OECD-FAO agricultural outlook 2013-2022. Paris: OECD Publishing: FAO, 2013. 322 p.
- OGDEN, A. E.; INNES, J. L. Application of structured decision making to an assessment of climate change vulnerabilities and adaptation options for sustainable forest management. *Ecology and Society*, v.14, n. 1, 11, June 2009. Disponível em: <<http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss1/art11/>>. Acesso em: 20 abr. 2021.
- PELLING, M.; GARSCHAGEN, M. Put equity first in climate adaptation. *Nature*, v. 569, n. 7758, p. 327-329, May 2019. DOI: 10.1038/d41586-019-01497-9.
- RODRIGUES, G. S.; PIMENTA, S. C.; CASARINI, C. R. **A. Ferramentas de avaliação de impactos ambientais e indicadores de sustentabilidade na Embrapa**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2016. 21 p. il. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos 105). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1067286/1/2016DC07.pdf>>. Acesso em: 3 dez. 2021.
- RODRIGUES, G. S.; RODRIGUES, I. A.; BUSCHINELLI, C. C. de A.; BARROS, I. de. Integrated farm sustainability assessment for the environmental management of rural activities. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 30, n. 4, p. 229-239, July 2010. DOI: 10.1016/j.eiar.2009.10.002.
- ROJAS-DOWNING, M. M.; NEJADHASHEMI, A. P.; HARRIGAN, T.; WOZNICKI, S. A. Climate change and livestock: impacts, adaptation, and mitigation. *Climate Risk Management*, v. 16, p. 145-163, 2017. DOI: 10.1016/j.crm.2017.02.001.
- ROSEGRANT, M. W.; KOO, J.; CENACCHI, N.; RINGLER, C.; ROBERTSON, R.; FISHER, M.; COX, C.; GARRETT, K.; PEREZ, N. D.; SABBAGH, P. **Food security in a world of natural resource scarcity**: the role of agricultural technologies: the role of agricultural technologies. Washington, DC: International Food Policy Research Institute, 2014. DOI: 10.2499/9780896298477.
- ROUWS, L. F. M.; FISCHER, D.; SCHMID, M.; REIS, V. M.; BALDANI, J. I.; HARTMANN, A. Culture-independent assessment of diazotrophic bacteria in sugarcane and isolation of *Bradyrhizobium* spp. from field-grown sugarcane plants using legume trap plants. In: DE BRUIJN, F. J. (Ed.). **Biological nitrogen fixation**. Hoboken: Wiley, 2015. chap. 94, p. 955-965. DOI: 10.1002/9781119053095.ch94.
- RUMPEL, C.; AMIRASLANI, F.; CHENU, C.; GARCIA CARDENAS, M.; KAONGA, M.; KOUTIKA, L. S.; LADHA, J.; MADARI, B.; SHIRATO, Y.; SMITH, P.; SOUDI, B.; SOUSSANA, J. F.; WHITEHEAD, D.; WOLLENBERG, E. The 4p1000 initiative: opportunities, limitations and challenges for implementing soil organic carbon sequestration as a sustainable development strategy. *Ambio*, v. 49, n. 1, p. 350-360, Jan. 2020. DOI: 10.1007/s13280-019-01165-2.
- SCHREEFEL, L.; SCHULTE, R. P. O.; DE BOER, I. J. M.; PAS SCHRIJVER, A.; VAN ZANTEN, H. H. E. Regenerative agriculture – the soil is the base. *Global Food Security*, v. 26, p. 1-8, Sept. 2020. DOI: 10.1016/j.gfs.2020.100404.
- SOARES, J. R.; CANTARELLA, H.; VARGAS, V. P.; CARMO, J. B.; MARTINS, A. A.; SOUSA, R. M.; ANDRADE, A. C. Enhanced-efficiency fertilizers in nitrous oxide emissions from urea applied to sugarcane. *Journal of Environmental Quality*, v. 44, n. 2, p. 423-430, Mar./Apr. 2015. DOI: 10.2134/jeq2014.02.0096.
- SPRINGMANN, M.; CLARK, M.; MASON-D'CROZ, D.; WIEBE, K.; BODIRSKY, B. L.; LASSALETTA, L.; DE VRIES, W.; VERMEULEN, S. J.; HERRERO, M.; CARLSON, K. M.; JONELL, M.; TROELL, M.; DECLERCK, F.; GORDON, L. J.; ZURAYK, R.; SCARBOROUGH, P.; RAYNER, M.; LOKEN, B.; FANZO, J.; GODFRAY, H. C. J.; TILMAN, D.; ROCKSTRÖM, J.; WILLETT, W. Options for keeping the food system within environmental limits. *Nature*, v. 562, n. 7728, p. 519-525, Oct. 2018. DOI: 10.1038/s41586-018-0594-0.
- TILMAN, D.; BALZER, C.; HILL, J.; BEFORT, B. L. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 108, n. 50, p. 20260–20264, Dec. 2011. DOI: 10.1073/pnas.1116437108.
- TILMAN, D.; CASSMAN, K. G.; MATSON, P. A.; NAYLOR, R.; POLASKY, S. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, v. 418, n. 6898, p. 671–677, Aug. 2002. DOI: 10.1038/nature01014.
- UNITED NATIONS. Department of Economic and Social Affairs. Population Division. **World population prospects: the 2017 revision**: key findings and advance tables. New York, 2017. 46 p. Working paper no. ESA/P/WP/248. Disponível em: <https://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/WPP2017_KeyFindings.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2019.
- WHY a new guide to LCA? In: GUINÉE, J. E. (Ed.). **Handbook on life cycle assessment**: operational guide to the ISO standards. New York: Kluwer, 2002. p. 5. (Eco-efficiency in industry and science, v. 7). DOI: 10.1007/0-306-48055-7_1.
- WORLD ECONOMIC FORUM. **Global risks 2015**. 10. ed. Geneva, 2015. 65 p. Insight report. Disponível em: <https://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risks_2015_Report15.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2021.

Acesse e saiba mais



Agricultura Digital