

Capítulo 3

Resiliência e adaptação da agropecuária às mudanças climáticas

Santiago Vianna Cuadra
Alexandre Bryan Heinmann
Patricia Menezes Santos
Patrícia Perondi Anchão Oliveira
Alexandre Kemenes
Lauro José Moreira Guimarães
Ciro Augusto de Souza Magalhães
Luiz Sergio de Almeida Camargo
Francislene Angelotti
Vanderlise Giongo Petrere
Camilo de Lelis Teixeira de Andrade
Luiz Gustavo Ribeiro Pereira
Silvio Steinmetz
Ana Paula Contador Packer
Rosana Clara Victoria Higa
Jose Eduardo Boffino de Almeida Monteiro
Nilza Patricia Ramos
Fernanda Garcia Sampaio
Katia de Lima Nechet
Cristiano Alberto de Andrade
Eunice Reis Batista
Giampaolo Queiroz Pellegrino

Introdução

Do ponto de vista estratégico, será de extrema importância antever de que maneira os agroecossistemas atenderão ao aumento da demanda mundial por alimentos, fibras e energia de modo sustentável e em um contexto no qual a produtividade agrícola pode apresentar estagnação ou reduções associadas às mudanças climáticas (Challinor et al., 2014; Zhao et al., 2016). A variabilidade climática é responsável por aproximadamente um terço das oscilações da produtividade agrícola em todo o mundo (Ray et al., 2015). As mudanças climáticas devem, portanto, aumentar a variabilidade da produtividade agrícola, a qual poderá ser reduzida drasticamente ao longo da segunda metade deste século na ausência de medidas de adaptação e de mitigação das emissões de gases de efeito estufa (GEE). O 5º Relatório de Avaliação (AR5) do Painel Intergovernamental sobre

Mudanças Climáticas (IPCC) sugere que a produtividade do arroz tropical provavelmente diminuirá a uma taxa entre 1,3% e 3,5% para cada 1 °C de aquecimento médio global (Porter et al., 2014). O aumento da temperatura média global poderá elevar a ocorrência de estresses térmicos e hídrico e, como consequência, diminuir a produtividade (Zhao et al., 2017). Estima-se que as mudanças climáticas já estejam reduzindo a produção agrícola global de 1% a 5% por década nos últimos 30 anos, e continuarão a representar desafios para a agricultura nas próximas décadas (Challinor et al., 2014, Porter et al., 2014).

Portanto, as mudanças climáticas representam um risco muito elevado para a segurança alimentar sem medidas adequadas de mitigação e adaptação dos agroecossistemas no mundo e no Brasil (Magrin et al., 2014). O presente capítulo trata de como a Embrapa tem contribuído para a meta 13.1 – Reforçar a resiliência e a capacidade de adaptação a riscos relacionados ao clima e às catástrofes naturais em todos os países.

Adaptação às mudanças climáticas na agropecuária

Para garantir maior resiliência e adaptabilidade aos riscos climáticos, será importante quantificar o risco que os agroecossistemas estarão sujeitos nas diferentes ecorregiões do Brasil. Essa tarefa é extremamente complexa dada a dimensão continental do País, a diversidade de cultivos, de sistemas produção e de disponibilidade de recursos naturais. Nesse cenário, uma ferramenta que se destaca para avaliar as repostas da produtividade agrícola às condições climáticas são os modelos empíricos (estatísticos) e os modelos baseados em processos biofísicos que simulam a produtividade agrícola e suas interações com o ambiente e práticas de manejo (Lobell et al., 2008; Jones et al., 2017). Os modelos permitem identificar e avaliar as incertezas na produção agrícola decorrentes das condições médias e das variações climáticas, assim como explorar diferentes ações de adaptação, principalmente aqueles referentes às práticas de manejo (Boote et al., 2013; Paixão et al., 2014). Por exemplo, os modelos permitem aperfeiçoar a eficiência do cultivo por meio da análise de desempenho de cultivares em diferentes condições edafoclimáticas, datas de semeadura, populações de plantas, manejos da irrigação e épocas de adubação nitrogenada (Paixão et al., 2014; Heinemann et al., 2017a). Entretanto, apesar dos grandes avanços nas últimas décadas, o desenvolvimento, a parametrização e a validação em escala regional, nacional e global ainda são insuficientes. Iniciativas como [The Agricultural Model Intercomparison and Improvement Project \(AgMIP\)](#) e o projeto Intercomparação, Aprimoramento e Adaptação de Modelos de Simulação de Culturas Agrícolas para Aplicação em

Mudanças Climáticas (AgMIP-BR), coordenado pela Embrapa, têm buscado acelerar os avanços de parametrização e validação desses modelos.

Embora essas iniciativas estejam em curso, a determinação dos potenciais impactos das mudanças climáticas ainda é limitada a um número reduzido de culturas agrícolas no Brasil. Pesquisas de campo e de modelagem têm demonstrado que as mudanças climáticas poderão impactar diversas culturas agrícolas. Estudos de modelagem projetam uma diminuição sistemática da adequação climática para o cultivo de feijão na maior parte da América do Sul (incluindo o estado de Goiás), sendo as altas temperaturas e o estresse hídrico os principais fatores limitantes ao aumento de produtividade (Ramirez-Cabral et al., 2016; Heinemann et al., 2017b). Para o arroz subtropical, cultivado no Sul do Brasil, as principais alterações estão associadas: 1) à diminuição do risco de frio; 2) ao encurtamento do ciclo graças ao aumento da temperatura; 3) ao aumento de produtividade nas regiões mais frias, com menores perdas decorrentes da esterilidade por frio; 4) nas regiões mais quentes, a uma diminuição da produtividade em virtude das mudanças climáticas, para algumas épocas de semeadura e cultivares, por causa da elevação das temperaturas diurnas e noturnas (Marques et al., 2005; Steinmetz et al., 2005; Cuadra et al., 2015).

Os impactos do clima em condições atuais e em projeções de aquecimento global sobre a safra de milho em Minas Gerais também foram estudados por meio de modelos (Amorim et al., 2008). Observou-se que a redução no regime de chuvas e o aumento da temperatura tendem a diminuir substancialmente a duração do ciclo da cultura e o índice de área foliar e, conseqüentemente, a produtividade da cultura do milho. Magalhães et al. (2016), avaliando estratégias mitigadoras para a cultura do milho, em Minas Gerais, constataram que a manutenção da palhada na superfície do solo é mais eficiente que o aprofundamento do sistema radicular para atenuar o aumento dos déficit de precipitação na cultura do milho. Por sua vez, o aprofundamento do sistema radicular do milho, quer seja via uso de cultivar tolerante ao alumínio, quer seja via correção do perfil do solo, foi mais efetivo para atenuar o efeito de temperaturas elevadas do ar. Com relação às medidas de adaptação às mudanças climáticas para o sorgo granífero, Grossi et al. (2013) sugerem que a janela de semeadura dessa cultura seja postergada em Janaúba e Sete Lagoas, MG, e em Rio Verde, GO.

Para a adaptação das pastagens, os resultados obtidos por Santos et al. (2014, 2015) sugerem que as mudanças climáticas terão impactos positivos sobre a produção anual de forragem constituída por capim-tanzânia (*Panicum maximum*) e capim-marandu (*Urochloa brizantha*) na maior parte das regiões Centro-Oeste e Sudeste.

Apesar do aumento da produção anual de forragem destas pastagens, os resultados sugerem que poderá haver uma maior sazonalidade da produção. As áreas mais vulneráveis dessas regiões, para as quais alguns cenários apontam para uma redução da produção anual, estão localizadas entre Minas Gerais e Goiás e em áreas próximas ao Semiárido nordestino. No caso do Pantanal, onde há o predomínio de atividades de cria e recria de bovinos sobre pastagens nativas (Santos et al., 2002, 2015; Abreu et al., 2018), as precipitações de verão têm-se tornado mais extremas ao longo dos últimos 90 anos graças ao aquecimento global (Bergier et al., 2018). As áreas de planícies com pastagens nativas poderão ser afetadas em casos de avulsões seguidas de arrombamentos de diques marginais de rios distributários (Assine et al., 2016), as quais podem ser induzidas por eventos extremos de chuva nas áreas de Cerrado com alto índice de agroecossistemas já desflorestados, e onde se situam as nascentes dos rios pantaneiros (Galdino et al., 2005).

A Embrapa tem buscado incorporar esses conhecimentos para gerar cenários dos impactos das mudanças do clima sobre a produção animal e de pastagens, visando encontrar medidas de adaptação para o setor. Na produção animal, com o auxílio de modelos de aptidão climática e de modelos empíricos de produção, Santos et al. (2014, 2015) analisaram as condições de cultivo no Brasil para capim-marandu (*U. brizantha* cv. Marandu), capim-tanzânia (*Panicum maximum* cv. Tanzânia-1), palma forrageira (*Opuntia* sp.), capim-buffel (*Cenchrus ciliaris*) e azevém-anual (*Lolium multiflorum* Lam.). A Embrapa tem trabalhado em conjunto com as equipes de desenvolvimento das plataformas de [modelos biofísicos DSSAT](#) e [APSIM](#) para adaptação e parametrização de modelos de simulação para pastagens tropicais, de forma a aprimorar os estudos de cenários futuros para produção animal em pastagens no Brasil (FAO, 2009; O'Mara, 2012).

Tecnologias, produtos e serviços para a adaptação da agropecuária

Alternativas de manejo para reforçar a resiliência

A Embrapa e seus parceiros têm buscado desenvolver novas tecnologias, produtos e serviços para minimizar os riscos de perdas e incrementar os ganhos de produtividade dos agroecossistemas. Como exemplo, citam-se os programas de melhoramento vegetal por meio do desenvolvimento de novos materiais genéticos adaptados aos ambientes de produção, ou da indicação de cultivos alter-

nativos para os locais em que os atuais sistemas de produção vêm se tornando menos sustentáveis. A adoção de boas práticas agropecuárias é considerada um dos métodos mais viáveis de prover resiliência e diminuição da exposição aos riscos climáticos, possibilitando também reduzir as atuais lacunas de produtividade (Cassman, 1999; Ittersum et al., 2016). Por exemplo, o [Zoneamento Agrícola de Risco Climático \(Zarc\)](#) pode contribuir para reduzir os riscos por meio da recomendação de épocas mais favoráveis para a implantação de diversas culturas agrícolas (Santos; Pezzopane, 2010a, 2010b; Santos et al., 2010a, 2010b).

Além das recomendações das melhores épocas para o plantio, é importante que as plantas utilizadas em regiões sujeitas a estresses sejam adaptadas a essas condições. Por exemplo, para pastagens perenes cultivadas em locais sujeitos à deficiência hídrica intensa, muitas vezes é mais importante garantir a sobrevivência do capim do que proporcionar altas produtividades em curto prazo. Nessas situações, é importante que as pastagens perenes sejam capazes de suportar a desidratação por longos períodos para sobreviver e rebrotar até que a disponibilidade de água no solo volte a ser adequada. Esta estratégia de resposta à deficiência hídrica está relacionada a mecanismos que a planta usa para proteger seus pontos de rebrota da desidratação.

Para garantir a competitividade e a sustentabilidade da produção animal em um cenário de mudança do clima, os agroecossistemas no País devem sofrer adaptações tecnológicas. A diversificação do material genético, o uso de alimentação suplementar, a conservação de forragem, a seleção e o melhoramento genético de animais e vegetais, a adequação do manejo do pasto e do solo, a adoção de sistemas integrados e intensivos e o uso da irrigação controlada estão entre as adaptações tecnológicas mais plausíveis. Entre as tecnologias mais indicadas estão a recuperação e a intensificação das pastagens (FAO, 2009; O'Mara, 2012).

Melhoramento genético de plantas

Além da indicação de práticas de manejo e de integração e intensificação, os programas de melhoramento vegetal terão papel fundamental no desenvolvimento de cultivares adaptadas às condições projetadas de mudanças climáticas (Challinor et al., 2014). Diversos grupos de pesquisa têm concentrado esforços no desenvolvimento de cultivares com maior tolerância ao déficit hídrico, maior eficiência fotossintética e nutricional, e maior resistência à toxicidade de alumínio em solos ácidos. Para reduzir essas limitações, diversas linhas de pesquisa buscam alternativas como a exploração da variabilidade genética das culturas e de espécies relacionadas para a identificação de marcadores moleculares associados

a regiões genômicas (*Quantitative Trait Locus* ou QTLs) ou alelos favoráveis para seleção assistida, seleção genômica ampla, incorporação de caracteres de variabilidade exótica via transformação genética, ou por meio de edição gênica. Por exemplo, a identificação de genes de plantas tolerantes, como algumas espécies nativas do Semiárido – as quais sobrevivem em situações de estresse hídrico e altas temperaturas –, poderá contribuir na geração de alternativas biotecnológicas para o melhoramento de plantas cultivadas (Aidar et al., 2017). Entretanto, maior efetividade e rapidez no desenvolvimento e disponibilização de cultivares mais adaptadas e com maior estabilidade de produção em ambientes com estresses abióticos só será alcançada se houver continuidade no financiamento de pesquisas colaborativas, que agreguem pesquisa básica, pré-melhoramento e o desenvolvimento de cultivares na fase de melhoramento final (Gilliam et al., 2017).

No caso de pastagens perenes, a Embrapa tem avaliado mecanismos de resposta de plantas forrageiras à deficiência hídrica para desenvolver, selecionar e recomendar acessos a diferentes condições de estresse hídrico. Experimentos preliminares em casa de vegetação indicam que, em condições de deficiência hídrica leve e de curta duração, o aprofundamento das raízes, aliado a outros mecanismos de atraso à desidratação, permite que o capim-marandu (*Urochloa brizantha* cv. Marandu) e o capim-braquiária (*Urochloa decumbens*) continuem crescendo e mantenham boa produtividade. Por sua vez, o capim 'BRS Paiaguás' (*U. brizantha* cv. BRS Paiaguás), além da capacidade de aprofundar as raízes, ativa mecanismos de economia de água que promovem um esgotamento mais lento da água no solo, mantendo a hidratação de partes da planta importantes para a sobrevivência, podendo ser recomendada para regiões com eventos extremos de estresse hídrico por longos períodos (Beloni et al., 2017).

No setor florestal, a vulnerabilidade varia ao longo do tempo de acordo com a sensibilidade das espécies, em função de seus estádios fenológicos e com o agravamento dos fenômenos climáticos extremos de secas prolongadas, temperaturas acima da média. Portanto, cada estágio fenológico deve ser observado para se compreender a sua sensibilidade, e também a sua vulnerabilidade, para melhorar as características que promovam a sua adaptação. Essas observações devem ser incorporadas em programas de melhoramento, especialmente nos monocultivos florestais (Higa; Pellegrino, 2015).

Produção animal

A criação de animais adaptados ao calor e à umidade, em sistemas de produção convencionais ou integrados, contribui para a redução do estresse térmico. Por

exemplo, animais de raças zebuínas (*Bos taurus indicus*) e seus cruzamentos são mais tolerantes ao calor que raças taurinas (*Bos taurus*) de origem europeia, com efeitos positivos na reprodução (Paula-Lopes et al., 2013), apesar de esses animais nem sempre estarem associados à maior produção (Santana Junior et al., 2015). A Embrapa tem procurado marcadores moleculares e genes que possam ser usados na seleção genômica ou na introgressão gênica, de modo que no longo prazo seja possível aumentar a população de animais melhor adaptada ao calor e à umidade, e que apresentem melhores índices reprodutivos e de produtividade. Assim, os programas de melhoramento animal desenvolvidos pela Embrapa e parceiros têm disponibilizado fenótipos adaptados a extremos climáticos, impactando positivamente a resiliência dos agrossistemas (Campos et al., 2017). Hoje o Brasil é referência em genética zebuína, raça conhecida pela rusticidade, tolerância ao calor e parasitas, permitindo a produção sustentável nos trópicos (Santana Junior et al., 2015), seja com animais de raça pura, seja nos cruzamentos com taurinos.

Sistemas intensivos e integrados de produção

A integração de sistemas de produção agrícola, pecuário e florestal (integração lavoura-pecuária-floresta – [ILPF](#)) permite a intensificação do uso da terra para ganhos de produtividade de alimentos, fibras e energia (Cordeiro et al., 2015). A adoção do [ILPF](#) com o componente arbóreo (agrossilvipastoril, lavoura-floresta ou silvipastoril) (Oliveira et al., 2017) contribui para a mitigação de emissões de GEE e para a adaptação dos sistemas agropecuários. Essa mudança de paradigma também contribui para a redução do desmatamento, dado que agroecossistemas improdutivos, como as pastagens degradadas, poderão ser recuperados, diminuindo a pressão por abertura de novas áreas, principalmente na Amazônia, com inúmeros benefícios econômicos e socioambientais. Porém, ainda carecem estudos de longo prazo para melhor avaliar os impactos da intensificação pela integração nos atributos dos solos, recursos hídricos, emissão de GEE, entre outros. A Embrapa tem investido na implantação e manutenção de experimentos de [Unidades de Referência Tecnológicas \(URT\)](#) de larga escala e de longo prazo, com estudos multidisciplinares e interinstitucionais, na busca de mais conhecimento sobre as interações que decorrem da intensificação/integração em agroecossistemas. É senso comum que a ILPF e a integração pecuária-floresta (IPF) são eficientes na mitigação das emissões, uma vez que realizam um maior sequestro de carbono no solo e no fuste das árvores (O'Mara, 2012; Cunha et al., 2016; Figueiredo et al., 2017; Oliveira et al., 2017). Além disso, a Embrapa tem participado

ativamente de iniciativas para o desenvolvimento e a adaptação de modelos para a simulação dos sistemas [ILPF](#) (Bosi, 2017).

Os sistemas ILPF são agroecossistemas que utilizam intensamente uma fração da propriedade rural, a qual é destinada para a produção de alimentos, fibras e/ou energia. Esse modelo permite manter isoladas e sem uso as áreas remanescentes da propriedade para atender à legislação do [Código Florestal](#) em cada bioma. A essa prática agropecuária é também dado o nome de Land Sparing (Green et al., 2005) ou “terras poupadas”. Outros modelos de produção integrada, porém menos intensivos, compartilham os recursos da propriedade sem isolar parte delas. A esse modelo é conferido o nome de Wildlife-Friendly Farming Systems (Green et al., 2005), *Land Sharing*, Sistemas Agroecológicos ou ainda Sistemas Agroflorestais (SAFs) (Phalan et al., 2011).

Em linhas gerais, a [ILPF](#) busca maximizar a produtividade pela integração e intensificação (usos da biotecnologia aliada a recursos não renováveis como agroquímicos) e isolar áreas nativas protegidas por lei. Por sua vez, os SAFs integram produção e conservação dos serviços ecológicos na mesma área, entretanto, com o uso mínimo (ou nulo, a depender das exigências de certificação) de insumos agroindustriais ou biotecnológicos (agroquímicos para fertilização dos solos ou controle de pragas, usualmente consorciados com organismos geneticamente modificados, os chamados OGMs). A certificação deve ser uma declaração formal de comprovação, emitida por quem tenha credibilidade ou autoridade legal/moral, e deve ser feita seguindo protocolos corporificados em um documento.

Em termos de conservação da natureza, alguns estudos retratam que o *Land Sparing* seja mais eficiente (Phalan et al., 2011), enquanto outros sugerem que a escolha entre um desses modelos irá depender, por exemplo, da presença e do tamanho das áreas urbanas (Soga et al., 2014), das condições e/ou restrições ambientais como enchentes (Silva et al., 2016) ou mesmo fatores socioeconômicos (Grau et al., 2013).

Sistemas ecológicos

A vulnerabilidade climática resultante das mudanças globais traz consigo a necessidade de diversificar a produção, aproveitando melhor as oportunidades e aptidões de cada ecossistema. Nesse contexto, os impactos da mudança climática também poderão ser minimizados pelo uso de sistemas ecológicos diversificados ou SAF (International Policy Centre for Inclusive Growth, 2016). A criação desse sistema uti-

lizando os recursos naturais locais disponíveis atende a uma demanda crescente da parcela da população pela produção agroecológica ou estritamente orgânica de alimentos e que preenchem uma série de requisitos ligados a conforto do produtor rural e do bem-estar animal. O SAF é um mecanismo de inclusão social para pequenos produtores de baixa renda por meio da valoração de produtos “naturais”, associada à conservação da biodiversidade e de serviços ambientais.

Uma alternativa é a incorporação da abordagem de paisagem ecológica que faz o uso inteligente das funcionalidades naturais oferecidas pelos ecossistemas (Giongo et al., 2016), com o objetivo de projetar agroecossistemas multifuncionais, incorporando tecnologias desenvolvidas ao longo dos anos, como a seleção de espécies de plantas tolerantes ao estresse térmico, hídrico e salino; o uso de inoculantes; a eficiência simbiótica de bactérias diazotróficas (Marinho et al., 2017); os consórcios de espécies; a adoção do sistema de plantio direto; o plantio de espécies arbóreas nativas; e as tecnologias para coleta, armazenamento e utilização da precipitação com alta eficiência e produtividade para o benefício econômico e ambiental.

Os modelos de agroecossistemas funcionais são sustentáveis e apresentam níveis de complexidade crescentes nas inter e intrarrelações de seus múltiplos componentes como estratégias para aumentar a resiliência e a segurança alimentar. Nesse sentido, a busca de sistemas de cultivo que apresentem maior sustentabilidade pode minimizar a fragilidade dos sistemas de produção tradicionais, aumentando sua resiliência e a capacidade de adaptação da população. Cabe ressaltar que diversos agricultores estão fazendo uso dos sistemas agroflorestais como opções de uso da terra em diversas regiões (Ngegba et al., 2007; Wick; Tiessen, 2008; Martins et al. 2013). O uso de espécies nativas em sistemas agroecológicos e agroflorestais é uma importante ferramenta para conservar áreas degradadas e preservar espécies ameaçadas, agregando mais valor aos produtos locais das comunidades familiares.

Piscicultura

A aquicultura é o ramo da produção animal que mais cresce no Brasil e no mundo. A utilização de grandes volumes de água para a produção de peixes tem sido incentivada por políticas públicas nacionais, por conseguinte, a piscicultura em tanques-rede vem sendo praticada em diversos reservatórios de água brasileiros para geração de energia elétrica. Por se tratar de uma atividade que depende também de outros setores, que compartilha o uso da água para outras finalidades, as avaliações dos impactos das mudanças climáticas sobre essa atividade produtiva

tornam-se de elevada complexidade (Ehsani et al., 2017; Ho et al., 2017). Informações limnológicas e batimétricas de reservatórios em sistemas de informação geográfica serão fundamentais para se identificar as áreas dos reservatórios menos susceptíveis para a aquicultura em termos de quantidade e qualidade de água (Lima et al., 1997).

A aquicultura de tanque escavado está em ascensão no Mato Grosso e no Mato Grosso do Sul, utilizando a água dos aquíferos subterrâneos. O impacto do uso crescente dos aquíferos, aliado às mudanças climáticas, pode comprometer as atividades dependentes de água subterrânea no longo prazo. Nesse sentido, há também bons exemplos de Economia Circular na Embrapa como a adaptação da aquicultura pela integração com a produção vegetal para pequenos produtores (Sistema..., 2012). Este sistema, também chamado de aquaponia ([aquaponics](#), ver Love et al., 2015), permite a limpeza e reúso da água do sistema por meio da remoção de sólidos por filtração e decantação, e de nutrientes dissolvidos pelo sistema radicular de plantas comestíveis ou para fins de fibra e de bioenergia. A água é assim reciclada e pode retornar limpa ao tanque dos peixes. Esse modelo de alta eficiência econômica e ambiental tem sido melhorado pela automação industrial e [adotado em diferentes escalas de produção no exterior](#). A aquaponia deve ser entendida como um dos mercados de futuro mais promissores em termos socioeconômicos e uma das maiores revoluções de adaptação à mudança do clima para a produção animal e vegetal integrada.

Impactos indiretos

Além dos efeitos diretos das mudanças climáticas sobre o clima e, consequentemente, sobre os agroecossistemas, o aumento da concentração do CO₂ na atmosfera impacta diretamente a eficiência fotossintética. Uma das principais técnicas para se avaliar o efeito do aumento do CO₂ em agroecossistemas é por meio de experimentos com concentração elevada de CO₂ em ambientes abertos denominado Free Air CO₂ Enrichment (Face), permitindo avaliações in natura dos efeitos do aumento da concentração de CO₂ atmosférico. O primeiro experimento Face no Brasil foi implantado em 2011 na área experimental da Embrapa Meio Ambiente com a cultura do café e é parte do projeto Climapest (Ghini et al., 2013). Os resultados mostram um incremento na taxa fotossintética da cultivar de café Catuaí Vermelho IAC-144, principalmente nos períodos quentes e úmidos, e uma maior eficiência no uso da água nos tratamentos com aumento do CO₂.

atmosférico. Foram ainda verificados ganhos na altura da planta, diâmetro de caule e produtividade para a cultivar estudada.

Costa et al. (2009) e Heinemann et al. (2016), por meio de simulações para a região Sudeste e para o estado de Goiás, respectivamente, demonstraram que pode haver uma interação positiva entre o aumento da concentração de CO₂ atmosférico e o aumento da temperatura do ar, incrementando a produtividade do feijoeiro. A mesma magnitude de resposta não foi, todavia, verificada para a cultura do milho, isso por se tratar de uma planta C4 com maior eficiência energética. Ressalta-se que os efeitos podem ser maiores quando há mais de um fator abiótico comprometendo o desenvolvimento da planta, como a redução da precipitação associada a um aumento da temperatura (estresse hídrico). Cuadra et al. (2015) avaliaram os impactos das mudanças climáticas na cultura do arroz irrigado produzido no estado do Rio Grande do Sul, principal estado produtor, sugerindo que os ganhos de rendimento serão em sua maioria associados aos efeitos de fertilização do CO₂.

Outros fatores indiretos também poderão afetar significativamente a produção agropecuária, como os riscos associados ao aumento das ocorrências de incêndios e surtos de pragas e doenças (Ghini et al., 2013), os quais merecem ser mais bem quantificados e avaliados.

Considerações finais

Quantificar os riscos referentes aos impactos das mudanças climáticas na agricultura é de suma importância para a elaboração de estratégias visando aumentar a resiliência e a adaptação da agricultura. Nesse contexto, a Embrapa, juntamente com suas instituições parceiras, vem atuando no desenvolvimento e aplicação de ferramentas e modelos de simulação do crescimento e produtividade de culturas. Além disso, estão sendo desenvolvidas tecnologias, produtos e serviços para subsidiar a transferência de conhecimento e a formulação das políticas voltadas à resiliência e à adaptação da agropecuária. Dentre esses produtos, destacam-se o Zoneamento Agrícola de Risco Climático (Zarc) – que contribui para reduzir os riscos por meio da recomendação de épocas mais favoráveis para a implantação de culturas agrícolas; os programas de melhoramento genético e animal – que buscam uma maior adaptação das plantas e animais às condições climáticas adversas; e os sistemas intensivos e integrados de produção, como o ILPF, agroecossistemas funcionais e aquaponia – que integram a aquicultura com a produção vegetal. As mudanças climáticas representam um risco muito elevado para a segurança alimentar sem medidas adequadas de mitigação e adaptação, sendo, portanto,

fundamental desenvolver e aprimorar continuamente as tecnologias, produtos e processos que assegurem a resiliência e adaptação dos agroecossistemas no País.

Referências

- ABREU, U. G. P. de; BERGIER, I.; COSTA, F. P.; OLIVEIRA, L. O. F. de; NOGUEIRA, E.; SILVA, J. C. B.; BATISTA, D. S. do N.; SILVA JUNIOR, C. **Sistema intensivo de produção na região tropical brasileira: o caso do Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2018. 26 p. (Embrapa Pantanal. Documentos, 155).
- AIDAR, S. de T.; CHAVES, A. R. de M.; FERNANDES JÚNIOR, P. I.; OLIVEIRA, M. S.; COSTA NETO, B. P. da; CALSA JUNIOR, T.; MORGANTE, C. V. Vegetative desiccation tolerance of *Tripogon spicatus* (Poaceae) from the tropical semiarid region of northeastern Brazil. **Functional Plant Biology**, v. 44, n. 11, p. 1124-1133, 2017. DOI: doi.org/10.1071/FP17066.
- AMORIM, A. N. G.; TORRES, L. S., C. A. A.; FONSECA, J. F. da; AMORIM, E. A. M. Relação hormonal entre o ambiente folicular e alimentação com uréia em cabras da raça Saanen. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45., 2008, Lavras. **Anais...** Lavras: SBZ, 2008. 2 p.
- ASSINE, M. L.; MACEDO, H. A.; STEVAUX, J. C.; BERGIER, I.; PADOVANI, C. R.; SILVA, A. Avulsive rivers in the hydrology of the Pantanal wetland. In: BERGIER, I.; ASSINE, M. L. (Ed.). **Dynamics of the Pantanal wetland in South America**. Switzerland: Springer International Publishing, 2016. p. 83-110. (The handbook of environmental chemistry, 37).
- BELONI, T.; PEZZOPANE, C. de G.; ROVADOSCKI, G. A.; FAVERO, A. P.; DIAS-FILHO, M. B.; SANTOS, P. M. Morphological and physiological responses and the recovery ability of *Paspalum* accessions to water deficit and waterlogging. **Grass and Forage Science**, v. 72, n. 4, p. 840-850, Dec. 2017. DOI: 10.1111/gfs.12281.
- BERGIER, I.; ASSINE, M. L.; MCGLUE, M. M.; ALHO, C. J. R.; SILVA, A.; GUERREIRO, R. L.; CARVALHO, J. C. Amazon rainforest modulation of water security in the Pantanal wetland. **Science of the Total Environment**, v. 619-620, p. 1116-1125, 2018. DOI: doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.163.
- BOOTE, K. J.; JONES, J. W.; WHITE, J. W.; ASSENG, S.; LIZASO, J. I. Putting mechanisms into crop production models. **Plant, Cell & Environment**, v. 36, p. 1658-1672, 2013. DOI:10.1111/pce.12119.
- BOSI, C. **Parametrization and evaluation of mechanistic models for estimating *Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã productivity under full sun and in silvopastoral system**. 2017. 158 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- CAMPOS, B. M.; CARMO, A. S. do; EGITO, A. A. do; MARIANTE, A. da S.; ALBUQUERQUE, M. S. M. do; GOUVEIA, J. J. S. de; MALHADO, C. H. M.; VERARDO, L. L.; SILVA, M. V. G. B. da; CARNEIRO, P. L. S. Genetic diversity, population structure, and correlations between locally adapted zebu and taurine breeds in Brazil using SNP markers. **Tropical Animal and Health Production**, v. 49, n. 8, p.1677-1684, 2017. DOI: 10.1007/s11250-017-1376-7.
- CASSMAN, K.G. Ecological intensification of cereal production systems: yield potential, soil quality, and precision agriculture. **Proceedings of the National Academy of Science of the USA**, v. 96, p. 5952-5959, 1999.

CHALLINOR, A. J.; WATSON, J.; LOBELL, D. B.; HOWDEN, S. M.; SMITH, D. R.; CHHETRI, N. A meta-analysis of crop yield under climate change and adaptation. **Nature Climate Change**, v. 4, p. 287-291, 2014. DOI:10.1038/nclimate2153.

CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; KLUTHCOUSKI, J.; MARCHÃO, R. L. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária-floresta: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 393 p. il. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas). Disponível em: <<http://mais500p500r.sct.embrapa.br/view/pdfs/90000033-ebook-pdf.pdf>>. Acesso em: 8 fev. 2018.

COSTA, L. C.; JUSTINO, F.; OLIVEIRA, L. J. C.; SEDIYAMA, G. C.; FERREIRA, W. P. M.; LEMOS, C. F. Potential forcing of CO₂ technology and climate changes in maize (*Zea mays*) and bean (*Phaseolus vulgaris*) yield in southeast Brazil. **Environmental Research Letters**, v. 4, n. 1, 2009. DOI: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/4/1/014013>.

CUADRA, S. V.; STEINMETZ, S.; HEINEMANN, A. B.; ALMEIDA, I. R. de. Impacto das mudanças climáticas sobre o desenvolvimento e produtividade do arroz irrigado no Estado do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 19., 2015, Lavras. **Agrometeorologia no século 21: o desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros: anais**. Lavras: Ed. da Ufla, 2015.

CUNHA, C. S.; LOPES, N. L.; VELOSO, C. M.; JACOVINE, L. A. G.; TOMICH, T. R.; PEREIRA, L. G. R.; MARCONDES, M. I. Greenhouse gases inventory and carbon balance of two dairy systems obtained from two methane-estimation methods. **Science of the Total Environment**, v. 571, p. 744-754, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.07.046>.

EHSANI, N.; VÖRÖSMARTYA, C. J.; FEKETE, B. M.; STAKHIV, E. Z. Reservoir operations under climate change: storage capacity options to mitigate risk. **Journal of Hydrology**, v. 555, p. 435-446, 2017. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.09.008>.

FAO. **Grasslands: enabling their potential to contribute to greenhouse gas mitigation**. Rome: FAO. 2009. 5 p. Disponível em: <<http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/climate/FinalUNFCCCgrassland.pdf>>. Acesso em: 7 fev. 2018.

FIGUEIREDO, E. B.; JAYASUNDARA, S.; BORDONAL, R. D.; BERCHIELLI, T. T.; REIS, R. A.; WAGNER-RIDDLE, C.; SCALA JUNIOR, N. Greenhouse gas balance and carbon footprint of beef cattle in three contrasting pasture-management systems in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, Part 1, p. 420-431, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.03.132>.

GALDINO, S.; VIEIRA, L. M.; PELLEGRIN, L. A. (Ed.). **Impactos ambientais e socioeconômicos na Bacia do Rio Taquari - Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2005. 356 p. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/38652/1/Livro025.pdf>>. Acesso em: 8 fev. 2018.

GHINI, R.; TORRE NETO, A.; NECHET, K. de L.; MARINHO-PRADO, J. S.; HAMADA, E.; GONÇALVES, J. R. P. **Face climapest (free air carbon-dioxide enrichment): prevendo os impactos das mudanças climáticas na cultura do café**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2013. 1 folder.

GILLIHAM, M.; ABLE, J. A.; ROY, S. J. Translating knowledge about abiotic stress tolerance to breeding programmes. **The Plant Journal**, v. 90, n. 5, p. 898-917, 2017. DOI: 10.1111/tpj.13456.

GIONGO, V.; SANTANA, M. S.; COSTA, N. D.; YURI, J. E. Soil management systems for sustainable melon cropping in the submedian of the São Francisco Valley. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 3, p. 537-547, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252016v29n303rc>.

GRAU, R.; KUEMMERLE, T.; MACCHI, L. Beyond 'land sparing versus landsharing': environmental heterogeneity, globalization and the balance between agricultural production and nature

conservation. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 5, n. 5, p. 477-483, 2013. DOI:10.1016/j.cosust.2013.06.001.

GREEN, R. E.; CORNELL, S. J.; SCHARLEMANN, J. P. W.; BALMFORD, A. Farming and the Fate of Wild Nature. **Science**, v. 307, n. 5709, p. 550-555, 2005.

GROSSI, M. C.; JUSTINO, F.; ANDRADE, C. de L. T.; SANTOS, E. A.; RODRIGUES, R. AVILA ; COSTA, L. C. Modeling the impact of global warming on the sorghum sowing window in distinct climates in Brazil. **European Journal of Agronomy**, v. 51, p. 53-64, 2013. DOI:https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.07.002.

HEINEMANN, A. B.; RAMIREZ-VILLEGAS, J.; NASCENTE, A. S.; ZEVIANI, W. M.; STONE, L. F.; SENTELHAS, P. C. Upland rice cultivar responses to row spacing and water stress across multiple environments. **Experimental Agriculture**, v. 53, n. 4, p. 609-626, 2017b. DOI:https://doi.org/10.1017/S0014479716000612.

HEINEMANN, A. B.; RAMIREZ-VILLEGAS, J.; STONE, L. F.; DIDONET, A. D. Climate change determined drought stress profiles in rainfed common bean production systems in Brazil. **Agricultural and forest Meteorology**, v. 246, p. 64-77, 2017a. DOI: https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2017.06.005.

HIGA, R. C. V.; PELLEGRINO, G. Q. Adaptação às mudanças climáticas de plantações florestais. **Serie Técnica IPEF**, v. 20, n. 41, p. 24-28, 2015. Edição dos anais da 47ª Reunião Técnico-Científica do Programa Cooperativo sobre Silvicultura e Manejo "Adaptação genotípica e silvicultural aos estresses abióticos e bióticos", 2013, Montes Claros. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/132932/1/2015-R.Higa-RTPCSM-Adaptacao.pdf>>. Acesso em: 7 fev. 2018.

HO, M.; LALL, U.; ALLAIRE, M.; DEVINENI, N.; HAN KWON, H.; PAL, I.; RAFF, D.; WEGNER, D. The future role of dams in the United States of America, **Water Resources Research**, v. 53, n. 2, p. 982-998, 2017.

INTERNATIONAL POLICY CENTRE FOR INCLUSIVE GROWTH. **Activity report 2015**. Brasília, DF, 2016. 50 p.

ITTERSUM, M. K. van; VRIES, S. de; OORT, P. A. J. van; GRASSINI, P. **Estimation of global yield gaps and implications from their analysis**. Colchester: International Fertiliser Society, 2016. 20 p.

LIMA, I. B. T.; NOVO, E. M. L. M.; CORDEIRO, J. P. Localização de áreas adequadas para implantação de tanques-rede na UHE Barra Bonita através de um SIG. In: SIMPÓSIOBRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 4., 1997, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Ed. da USP, 1997. p. 309-325.

LOBELL, D. B.; BURKE, M. B.; TEBALDI, C.; MASTRANDREA, M. D.; FALCON, W. P.; NAYLOR, R. L. Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030. **Science**, n. 319, p. 607-610, 2008.

LOVE, D. C.; FRY, J. P.; LI, X.; HILL, E. S.; GENELLO, L.; SEMMENS, K.; THOMPSON, E. Commercial aquaponics production and profitability: findings from an international survey. **Aquaculture**, v. 435, p. 67-74. DOI: https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.09.023.

MAGALHÃES, B. G.; ANDRADE, C. L. T.; SILVA, P. P. G.; LOPES, D. C.; MELO, B. F.; GARCIA, A. G. Y.; GONTIJO NETO, M. M. **Avaliação, empregando modelagem, de estratégias de manejo para incrementar a produtividade de milho na segunda safra**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2016. 28 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 204).

MAGRIN, G. O.; MARENGO, J. A. (Coord.). Central and South America. In: CLIMATE Change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Part B: Regional aspects. Contribution of Working Group

II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge United Kingdom; New York: Cambridge University Press, 2014.

MARINHO, R. de C. N.; FERREIRA, L. de V. M.; SILVA, A. F. da; MARTINS, L. M. V.; NÓBREGA, R. S. A.; FERNANDES-JÚNIOR, P. I. Symbiotic and agronomic efficiency of new cowpea rhizobia from Brazilian Semi-Arid. **Bragantia**, v. 76, p. 273-281, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.003>.

MARQUES, J. R. Q.; STEINMETZ, S.; DINIZ, G.; SIQUEIRA, O. J. W. de; WREGE, M. S.; HERTER, F. G.; REISSER JÚNIOR, C. Aumento da temperatura mínima do ar no Rio Grande do Sul, sua relação com o aquecimento global e possíveis impactos no arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4., Santa Maria. **Anais...** Santa Maria Ed. da Universidade Federal de Santa Maria, 2005. p. 224-226.

MARTINS, J. C. R.; MENEZES R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B.; SANTOS A. F. dos; NAGAI, M. A. Produtividade de biomassa em sistemas agroflorestais e tradicionais no Cariri Paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 6, p. 581-587, 2013.

NGEGBA, M. S.; MUGASHA, A. G.; CHAMSHAMA, S. A. O.; KIMARO, A. A. Tephrosia biomass yield and soil fertility in one season relay intercropping with mayze in semiarid Gairo, Tanzania. **Discovery and Innovation**, v. 19, p. 25-35, 2007.

OLIVEIRA, P. P. A.; PEZZOPANE, J. R. M.; MEO FILHO, P. de; BERNDT, A.; PEDROSO, A. de F.; BERNARDI, A. C. de C. Balanço e emissões de gases de efeito estufa em sistemas integrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA, 1.; ENCONTRO DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO SUL DO BRASIL, 4., 2017 Pato Branco. Palestras: intensificação com sustentabilidade. Pato Branco: UTFPR, 2017. p. 23-32.

O'MARA, F. P. The role of grasslands in food security and climate change. **Annals of Botany**, v. 110, n. 6, p.1263-1270, 2012. DOI:<https://doi.org/10.1093/aob/mcs209>.

ONES, J. W.; ANTLE, J. M.; BASSO, B.; BOOTE, K. J.; CONANT, R. T. FOSTER, I.; GODFRAY, H. C. J.; HERRERO, M.; HOWITT, R. E.; JANSSEN, S.; KEATING, B. A.; MUNOZ-CARPENA, R.; PORTER, C. H.; ROSENZWEIG, C.; WHEELER, T. R. Brief history of agricultural systems modeling. **Agricultural Systems**, v. 155, p. 240-254, 2017. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.05.014>.

PAIXÃO, J. de S.; ANDRADE, C. de L. T. de; GARCIA Y GARCIA, A.; AMARAL, T. A.; STEIDLE NETO, A. J.; MARIN, F. R. An alternative approach to the actual brazilian maize crop zoning. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 3, p. 347-363, 2014.

PAULA-LOPES, F. F.; LIMA, R. S.; SATRAPA, R. A.; BARROS, C. M. Physiology and endocrinology symposium: influence of cattle genotype (*Bos indicus* vs. *Bos taurus*) on oocyte and preimplantation embryo resistance to increased temperature. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 3, p. 1143-1153, 2013. DOI: 10.2527/jas.2012-5802.

PHALAN, B.; ONIAL, M.; BALMFORD, A.; GREEN, R. E. Reconciling food production and biodiversity conservation: land sharing and land sparing compared. **Science**, v. 333, n. 6047, p. 1289-1291, 2011. DOI:10.1126/science.1208742.

PORTER, J. R.; XIE, L.; CHALLINOR, A. J.; COCHRANE, K.; HOWDEN, S. M.; IQBAL, N. M.; LOBELL, D. B.; TRAVASSO, M. I. Food security and food production systems. In: INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability**. Cambridge: University Press, 2014. p. 485-533. 2014. Working Group II Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report.

RAMIREZ-CABRAL, N. Y. Z.; KUMAR, L.; TAYLOR, S. Crop niche modeling projects major shifts in common bean growing areas. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 218-219, p. 102-113, 2016.

RAY, D. K.; GERBER, J. S.; GRAHAM; MACDONALD, K.; WEST, P. C. Climate variation explains a third of global crop yield variability. **Nature Communications**, v. 6, n. 5989, 2015.

SANTANA JUNIOR, M. L.; ELER, J. P.; BIGNARDI, A. B.; MENÉNDEZ-BUXADERA, A.; CARDOSO, F. F.; FERRAZ, J. B. Multi-trait linear reaction norm model to describe the pattern of phenotypic expression of some economic traits in beef cattle across a range of environments. **Journal of Applied Genetics**, v. 56, n. 2, p. 219-29, 2015. DOI: 10.1007/s13353-014-0242-9.

SANTOS, P. M.; EVANGELISTA, S. R. M.; PEZZOPANE, J. R. M.; DIAS-FILHO, M. B.; GOMIDE, C. A. M.; CAVALCANTE, A. C. R.; VOLTOLINI, T. V.; SANTOS, R. M.; ANGELOTTI, F.; MOURA, M. S. B.; MITTELMANN, A.; OLIVEIRA, P. P. A.; SOUZA, F. H. D.; VINHOLIS, M. B.; BETTIOL, G. M.; GALHARTE, C. A.; ALMEIDA, I. R.; BOSI, C.; CRUZ, P. G.; ANDRADE, A. S.; ARAUJO, L. C.; PELLEGRINO, G. Q. **Cenários futuros para pastagens no Brasil**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2014 (Documentos, 114).

SANTOS, P. M.; PEZZOPANE, J. R. M.; BETTIOL, G. M.; MENDONÇA, F. C.; SILVA, F. A. M. da; EVANGELISTA, B. A.; MARIN, F. R.; SANS, L. M. A.; MARTINS, C. E. **Zoneamento de riscos climáticos para a implantação do consórcio milho-capim Marandu em municípios do Estado de Minas Gerais**. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2010b. 41p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, 96).

SANTOS, P. M.; PEZZOPANE, J. R. M.; SILVA, F. A. M. da; EVANGELISTA, B. A.; BETTIOL, G. M.; LOPES, T. S. de S.; MARIN, F. R.; SILVA, S. C. da. **Zoneamento de riscos climáticos para o consórcio milho x capim-marandu no Estado de São Paulo**: períodos favoráveis para a implantação por município. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2010a. 40 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, 97).

SANTOS, P. M.; VINHOLIS, M. de M. B.; DIAS FILHO, M. B.; VOLTOLINI, T. V.; MITTELMANN, A.; PEZZOPANE, J. R. M.; EVANGELISTA, S. R. M.; MOURA, M. S. B. de; GOMIDE, C. A. de M.; CAVALCANTE, A. C. R.; CORRÊA, C. G.; BETTIOL, G. M.; SANTOS, R. M.; ANGELOTTI, F.; OLIVEIRA, P. P. A.; SOUZA, F. H. D. de; ALMEIDA, I. R. de; BOSI, C.; CRUZ, P. G. da; ANDRADE, A. S.; ARAUJO, L. C. de; PELLEGRINO, G. Q. **Produção animal no Brasil**: caracterização, simulação de cenários para pastagens e alternativas de adaptação às mudanças climáticas. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2015. 99 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, 119).

SANTOS, S. A.; PELLEGRIN, A. O.; MORAES, A. S.; BARROS, A. T. M.; COMASTRI FILHO, J. A.; SERENO, J. R. B.; SILVA, R. A. M. S.; ABREU, U. G. P. **Sistema de produção de gado de corte do Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2002. 80 p.

SILVA, A. P. S.; BERGIER, I.; ABREU, U. G. P. de; NOGUEIRA, E.; OLIVEIRA, L. O. F. de; URBANETZ, C.; SILVA, J. C. B.; SILVA JUNIOR, C. **Metodologia espaço-temporal aplicada ao mapeamento de paisagens em fazendas de gado de corte no Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2016. 20 p. (Embrapa Pantanal. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 129). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/145873/1/BP129.pdf>>. Acesso em: 6 fev. 2018.

SISTEMA integrado alternativo para produção de alimentos: agricultura familiar: manutenção das motobombas submersas. Parnaíba: Embrapa Meio-Norte, 2012. 1 folder. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/84164/1/agricfamiliar-sistintegrado-bombas.pdf>>. Acesso em: 6 fev. 2018.

SOGA, M.; YAMAURA, Y.; KOIKE, S.; GASTON, K. J. Land sharing vs. land sparing: does the compact city reconcile urban development and biodiversity conservation? **Journal of Applied Ecology**, v. 51, p. 137-1386, 2014.

STEINMETZ, S.; WREGE, M. S.; PINHEIRO, M. J.; FERREIRA, J. S. A. Impacto do aquecimento global na redução do risco de frio em arroz irrigado no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4., Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Ed. Universidade Federal de Santa Maria, 2005. p. 247-250.

WICK, B.; TIESSEN, H. Organic matter turnover in light fraction and whole soil under silvopastoral land use in semiarid Northeast Brazil. **Rangeland Ecology and Management**, v. 61, n. 3, p. 275-283, 2008. DOI:<https://doi.org/10.2111/07-038.1>.

ZHAO, C.; LIU, B.; PIAO, S.; WANG, X.; LOBELL, D. B.; HUANG, Y.; HUANG, M.; YAO, Y.; BASSU, S.; CIAIS, P.; DURAND, J.-L.; ELLIOTT, J.; EWERT, F.; JANSSENS, I. A.; LI, T.; LIN, E.; LIU, Q.; MARTRE, P.; MULLER, C.; PENG, S.; PEÑUELAS, J.; RUANE, A. C.; WALLACH, D.; WANG, T.; WU, D.; LIU, Z.; ZHU, Y.; ZHU, Z.; ASSENG, S. Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 114, n. 35, p. 9326-9331, 2017. DOI: 10.1073/pnas.1701762114.

ZHAO, C.; PIAO, S.; WANG, X.; HUANG, Y.; CIAIS, P.; ELLIOTT, J.; HUANG, M.; JANSSENS, I. A.; LI, T.; LIAN, X.; LIU, Y.; MÜLLER, C.; PENG, S.; WANG, T.; ZENG, Z.; PEÑUELAS, J. Plausible rice yield losses under future climate warming. **Nature Plants**, v. 19, n. 3, 16202, Dec. 2016. DOI: 10.1038/nplants.2016.202.