

Capítulo 2

Mudanças climáticas e a agropecuária brasileira

*Santiago Vianna Cuadra
Alexandre Bryan Heinmann
Beata Eموke Madari
Eduardo Delgado Assad
Patrícia Perondi Anchão Oliveira
Francislene Angelotti
Vanderlise Giongo Petrere
Daniel de Castro Victoria
Luiz Gustavo Ribeiro Pereira
Rubens Sonsol Gondim
Aryeverton Fortes de Oliveira
Rosana Clara Victoria Higa*

Introdução

Emissões antrópicas de gases de efeito estufa (GEE) e as mudanças do uso e cobertura da terra deverão alterar o clima global nas próximas décadas (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013). Por exemplo, são esperados como resultado das atividades antrópicas aumentos da temperatura média global, do nível médio do mar e da frequência e intensidade de precipitações e secas, ocasionando enchentes e ondas de calor. Tais mudanças deverão impactar significativamente diversos agroecossistemas em todo o globo (Stocker et al., 2013; Stevanović et al., 2016; Moore et al., 2017; Zhao et al., 2017; Scott et al., 2018).

Com o crescimento populacional e o aumento do consumo de alimentos, fibras e biocombustíveis, o setor agropecuário terá enormes desafios para manter o crescimento da produção e se adaptar às mudanças do clima (Stevanović et al., 2016). Especificamente, no Brasil, a demanda por exportações tem colocado o País como um dos principais produtores agropecuários no mundo. O setor agrícola tem papel de destaque no Produto Interno Bruto (PIB) nacional, 23% do PIB industrial e 42% das exportações (Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2018), assim como na geração de postos de trabalho, responsável por 37% dos empregos diretos e indiretos no País. Por sua vez, o setor brasileiro de árvores plantadas, com uma área de 7,84 milhões de hectares de reflorestamento, é responsável por 91% de toda a madeira produzida para fins industriais e 6,2% do PIB industrial no País.

Ao contrário das regiões de altas latitudes, as regiões exportadoras de commodities agrícolas em regiões tropicais, como a América Latina, deverão experimentar impactos mais severos de mudanças climáticas sobre os rendimentos das culturas, e, como consequência, a magnitude da perda no superavit do consumidor poderá superar os potenciais benefícios sobre a produção dos produtores, o que poderá refletir em aumento dos preços (Stevanović et al., 2016).

Portanto, os agroecossistemas do País terão que simultaneamente buscar inovações tecnológicas que permitam a mitigação das emissões de GEE e a adaptação às alterações climáticas, de modo a garantir no médio e longo prazos a produção de alimentos à sua população atual e futura, bem como a geração de divisas por meio das exportações de commodities e, especialmente, de produtos de maior valor agregado da agroindústria.

Impactos diretos

O clima é o principal fator ambiental associado à variabilidade da produtividade na agricultura, especialmente para os sistemas de sequeiro, que ocupam grandes áreas de produção na Ásia e a maioria das áreas de produção na África e América Latina (Hijmans; Serraj, 2008). Os riscos climáticos com potencial de causar perdas significativas ou totais à produção podem ser divididos em dois grupos: aqueles relacionados a eventos extremos (ex., baixas e altas temperaturas, precipitações intensas e ventos fortes, entre outros) e aqueles relacionados a eventos cumulativos (ex., secas prolongadas, temperaturas limitantes ao crescimento por longos períodos, etc.). Estudos recentes têm enfatizado que, enquanto as mudanças das condições médias do clima afetam a produtividade agrícola e requerem políticas de adaptação, grande parte das perdas de safras agrícolas e dos riscos à segurança alimentar estarão associados ao aumento das variações interanuais das condições climáticas graças à ocorrência de eventos climáticos extremos (Alexander et al., 2006; Stevanović et al., 2016). Por exemplo, a seca ocorrida na região central do Brasil em 2016 provocou a elevação dos preços do grão de milho e o desabastecimento de algumas regiões do País. Na safrinha de 2016, foram colhidos 39,6 milhões de toneladas de grãos de milho, 29,5% a menos que a safrinha do ano anterior (56,3 milhões de toneladas), apesar do acréscimo de 10,3% da área plantada (Produção Agrícola Municipal, 2018). Ademais, 3 anos de chuvas abaixo da média histórica na região Sudeste danificaram cerca de 100 mil hectares de floresta de eucalipto, com perdas de 10 milhões de metros cúbicos de madeira entre 2013 e 2015.

Os esforços em pesquisa, desenvolvimento e inovação têm buscado soluções para uma agricultura cada vez mais sustentável e capaz de adaptar-se aos impactos das mudanças climáticas e mitigar as emissões dos GEE. A viabilidade econômica, social e ambiental para a adoção de tecnologias voltadas para o desenvolvimento sustentável é fundamental para reduzir as desigualdades sociais e garantir a segurança alimentar e hídrica para todos, a exemplo da Economia Circular (Stahel, 2016). O avanço do conhecimento científico e tecnológico obtido nos últimos anos e a interação entre as instituições de ensino e pesquisa assumem um papel fundamental na proposição e no sucesso da adoção de políticas públicas que visam aumentar a capacidade adaptativa frente aos riscos climáticos, criando espaços de oportunidades e caminhos para a resiliência climática. A adaptação da agricultura para a Economia Circular cria oportunidades de mitigação de emissões de GEE em agroecossistemas mais eficientes em termos produtivos e socioambientais (Stahel, 2016). Dessa maneira, torna-se imperativo o fortalecimento de ações para reduzir os impactos e riscos inerentes às mudanças climáticas, criar oportunidades na economia de baixa emissão de carbono e promover a sustentabilidade no meio rural.

Impactos indiretos

A mudança do clima poderá impactar de muitas maneiras como fator indireto de estresse aos vegetais em ecossistemas e agroecossistemas. Outro fator de grande impacto na produtividade das culturas nas próximas décadas poderá ser o efeito do incremento da pressão parcial do CO_2 atmosférico sobre a fotossíntese das plantas, sobretudo daquelas do metabolismo C3 (ex., trigo, arroz e soja), mas também sobre o valor nutricional dos alimentos de base vegetal. Resultados recentes têm indicado que as culturas C3, não leguminosas, possuem concentrações mais baixas de proteína quando cultivadas em um ambiente com concentração de CO_2 elevada, enquanto as culturas C4 parecem ser menos afetadas (Myers et al., 2014). Esses efeitos sobre a produtividade e a qualidade dos alimentos vegetais têm merecido destaque na agenda de pesquisa da Embrapa. Por exemplo, o excesso de CO_2 atmosférico pode eventualmente beneficiar a produtividade de arroz irrigado no estado do Rio Grande do Sul, principal estado produtor do Brasil (Cuadra et al., 2015).

Com as mudanças climáticas, não apenas os estresses de ordem abiótica poderão se intensificar, mas também os de ordem biótica. Por exemplo, é de extrema importância estimar como os problemas fitossanitários poderão ser impactados pelas mudanças no clima, já que patógenos e pragas são fatores responsáveis por

drásticas reduções de produtividade e podem colocar em risco a sustentabilidade econômica e ambiental de diversas atividades agrícolas. No caso da produção animal, a incidência de ectoparasitas poderá se intensificar, a exemplo dos carrapatos, problema sanitário bastante comum na pecuária. Entretanto, as adoções de medidas de adaptação só poderão ser incorporadas a partir da geração do conhecimento que permitam relacionar os elementos climáticos com a distribuição geográfica e temporal dos problemas fitossanitários. Nesse sentido, diversos estudos, por meio de simulação (modelos) e experimentação, vêm sendo realizados nos últimos anos (Pereira, 2008; Bettiol et al., 2017).

Impactos da agropecuária nas mudanças climáticas

A agropecuária não será apenas afetada pelas mudanças climáticas, mas poderá intensificá-las e deve, portanto, buscar meios de mitigar suas emissões de GEE. A comunidade científica convencionou o termo Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (ABC), que visa à adoção de um conjunto de ações e tecnologias que mitiga as emissões combinadas de GEE na forma de CH_4 (metano), N_2O (óxido nitroso) e CO_2 (dióxido de carbono) ou que sequestra CO_2 da atmosfera na vegetação e nos solos. A ABC está associada aos agroecossistemas intensificados pela integração paulatina da biotecnologia vegetal e animal, da engenharia química e da mecatrônica, a qual tem favorecido melhores índices de produtividade agropecuária e processos de reciclagem de materiais, consorciados ou não com a geração de energia renovável (biomassa, biodiesel, biogás, etc.). Entre estes, ressaltam-se, por exemplo, combinações de sistemas integrados planta-animal, sistemas de plantio direto com rotação de culturas e plantas de cobertura/adubação verde, a Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) e pastagens recuperadas e manejadas (Sacramento et al., 2013; Brandão et al., 2017). A mitigação das emissões pela integração e intensificação da agricultura em agroecossistemas permite a conservação dos recursos naturais e [serviços ambientais](#) nos ecossistemas remanescentes (Silva et al., 2015). A prioridade deve ser dada às combinações de tecnologias e práticas agropecuárias que favoreçam ganhos de produtividade e mitigação certificada das emissões dos GEE.

Ademais à produção de commodities e de alimentos, o Brasil tem grande destaque nas indústrias de produção de papel, celulose e de biocombustíveis. As culturas energéticas são alternativas viáveis, pela óptica econômica e ambiental, de modo a contribuir, junto com a energia fotovoltaica e eólica, na substituição paulatina de fontes fósseis de energia por renováveis, principalmente para o setor de transportes. Diversas culturas têm sido usadas na produção de diferentes tipos

de biocombustíveis como etanol, de cana-de-açúcar e de milho, biodiesel de soja e biometano e bioquerosene de resíduos e dejetos animais. O setor florestal, por sua vez, tem grande potencial na redução de GEE por meio do sequestro de carbono em plantações comerciais de árvores (para fins não energéticos) e pela recuperação de áreas de Reserva Legal (RL), Áreas de Proteção Permanente (APP) e de Reserva Particular de Patrimônio Natural (RRPN) pela necessidade de adequação ao [Código Florestal](#) e ao Cadastro Ambiental Rural (CAR).

Conservação dos serviços ecossistêmicos

A oportunidade de alavancar tecnologias da Economia Circular para a mitigação das emissões e para a adaptação à mudança do clima pela agricultura deverá desencadear a conservação dos recursos naturais, bem como resguardar a provisão de [serviços ambientais](#) pelos agroecossistemas do Brasil. Os agroecossistemas produzem uma variedade de serviços ecossistêmicos, como a regulação da qualidade do solo e da água, o sequestro de carbono, a manutenção da biodiversidade e de insetos polinizadores ou controladores de pragas, bem como serviços culturais (Power, 2010). Entre esses serviços, destacam-se o ciclo da “água azul”, responsável pela formação dos rios, e o da “água verde”, que representa a interação da água pluviométrica e os ecossistemas terrestres, dando origem aos processos de evapotranspiração, percolação e recarga de aquíferos subterrâneos (D’Odorico et al., 2010). Nesse contexto, um dos principais serviços ecossistêmicos são os recursos hídricos.

As mudanças climáticas poderão afetar os recursos hídricos de diversas maneiras no Brasil. As projeções para a região do Semiárido nordestino apontam para aumentos da demanda hídrica, em virtude da elevação da evapotranspiração e da redução na precipitação, potencializando um processo análogo ao de desertificação (Cavalcanti et al., 2005; Gondim et al., 2012). Por sua vez, a mudança do clima vem ampliando eventos extremos de precipitação no Pantanal (Bergier et al., 2018). Sob pressão da expansão das áreas urbanas e do avanço do agronegócio de larga escala nas áreas rurais, diversas populações humanas vêm migrando e povoando periferias e outras áreas que são intrinsecamente mais vulneráveis às mudanças climáticas. Há indicativos, ainda, de que a mudança do clima possa aumentar o número de pedidos de asilo (refugiados da mudança do clima) em países desenvolvidos e em desenvolvimento (Missirlian; Schlenker, 2017). Essas populações vulneráveis necessitarão cada vez mais de suporte e de políticas públicas que criem oportunidades para reintegrá-las à sociedade ou lhes dar condições para que possam migrar e reestabelecer-se em regiões mais seguras.

Políticas públicas

A [Política Nacional sobre Mudança do Clima \(PNMC\)](#) oficializou o compromisso voluntário do Brasil com a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UFCCC) de mitigar as emissões de GEE entre 36,1% e 38,9% das emissões projetadas até 2020. O Decreto Presidencial nº 7.390/2010 (Brasil, 2010) regulamenta a PNMC e define a linha de base de emissões de GEE para 2020 em 3,2 Gt CO₂-eq (1 Gt = 10⁹ toneladas de CO₂ equivalentes). Portanto, o compromisso de mitigação absoluta correspondente se situa entre 1,2 Gt CO₂-eq e 1,3 Gt CO₂-eq. Em 2012, a agropecuária representou 37% das emissões nacionais. De 2005 a 2012, as emissões da agropecuária tiveram um incremento de 7,4%, de 415,7 Gg CO₂-eq para 446,4 Gg CO₂-eq (1 Gg = 109 gramas ou 103 toneladas de CO₂ equivalentes). Entretanto, foi de 1995 a 2005 que as emissões da agropecuária mais cresceram, de 335,8 Gg CO₂-eq para 415,7 Gg CO₂-eq, ou seja, 23,8%. Para o uso da terra e florestas, as emissões de 1990 (815,96 Gg CO₂-eq) cresceram 138% em 1995 (1.940,42 Gg CO₂-eq), coincidente com o auge do desmatamento na Amazônia. Políticas públicas de monitoramento e de fiscalização para a contenção do avanço do desmatamento foram muito bem-sucedidas e efetivas para levar as emissões ao patamar de 175,7 Gg CO₂-eq em 2012, uma redução de 91% em relação às emissões de 1995. Além da PNMC, o governo federal vem organizando estratégias setoriais, como o [Plano ABC](#) (Plano..., 2012) e o [Plano Nacional de Adaptação \(PNA\)](#). A Embrapa tem contribuído proativamente na pesquisa e no desenvolvimento de novas tecnologias, bem como no suporte à formulação dessas políticas públicas ligadas à mitigação das emissões e adaptação à mudança do clima.

Integração de processos como resposta da agropecuária

A mitigação das emissões e a adaptação às mudanças climáticas requerem essencialmente o uso eficiente e integrado dos recursos naturais disponíveis em uma propriedade rural, maximizando o potencial da terra, com baixo impacto sobre os recursos naturais e, recomendável, com a geração local de energia renovável. Atualmente tem crescido o uso da abordagem proposta pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) que vincula os setores de energia, água e alimentos na agricultura denominada de Nexus (Flammini et al., 2014). A FAO criou essa abordagem com a finalidade de informar e orientar os processos de tomada de decisão e de formulação de políticas públi-

cas no intuito de melhoria das condições socioambientais e econômicas das nações, apoiando os países na concepção e implementação de forma participativa (Flammini et al., 2014). Os trabalhos de pesquisa e desenvolvimento de vinculação de processos agropecuários realizado pela Embrapa para a mitigação de emissões e adaptação às mudanças climáticas têm grande aderência ao [Nexus água-energia-alimento](#) da FAO. Nesse ambiente, as gestões energéticas, hídricas e alimentares estão intimamente conectadas e, portanto, devem ser geridas e governadas de modo integrado para atender de forma eficaz às necessidades de uma população mundial em crescimento.

Considerações finais

A agropecuária tem desempenhado um papel de grande importância na economia e na segurança alimentar nacional. É consenso mundial de que a receita financeira e os alimentos advindos da exploração dos agroecossistemas tropicais estão ameaçados pelo agravamento das mudanças climáticas nas próximas décadas. Todavia, o desmatamento e o uso inadequado de áreas desmatadas para a produção de alimentos são responsáveis por uma fração não desprezível desse agravamento por causa das emissões de GEE. Diversas políticas públicas adotadas nos últimos 20 anos têm contribuído para mitigar as emissões brasileiras oriundas do desmatamento, em particular na Amazônia e no Cerrado, bem como para estimular a adoção de tecnologias e arranjos produtivos mais sustentáveis. Os esforços de pesquisa, desenvolvimento e inovação da Embrapa, em parceria com outros centros de pesquisa e a iniciativa privada, têm resultado em grandes contribuições e avanços para a definição dessas políticas.

Por sua vez, tendo em vista que a maior parte das emissões de GEE é originária da queima de combustíveis fósseis, e mesmo que os países do Anexo I cumpram suas metas de redução de emissões, é realista a possibilidade de que a temperatura média do planeta ultrapasse o limiar de +2 °C. Nesse caso, a necessidade de adaptação dos agroecossistemas à mudança do clima é fundamental.

O Brasil precisa, portanto, tomar medidas imediatas para fortalecer o estabelecimento de parcerias públicas e privadas que permitam avanços significativos do conhecimento. Esses avanços necessariamente devem ser traduzidos em tecnologias destinadas a aumentar simultaneamente a produtividade agropecuária e dos [serviços ambientais](#) (produção de água, estoque de carbono, biodiversidade, etc.) dos agroecossistemas já estabelecidos nos diferentes biomas, evitando, assim, novos desmatamentos. A Embrapa certamente exercerá um papel de liderança

e protagonismo nessas ações, tendo em vista a sua capilaridade nacional e sua capacidade de tecer grandes redes de colaboração em uma economia cada vez mais aberta e mais competitiva (Brasil, 2018).

Referências

- ALEXANDER, L. V.; ZHANG, X.; PETERSON, T. C.; CAESAR, J.; GLEASON, B.; TANK, A. M. G. K.; HAYLOCK, M.; COLLINS, D.; TREWIN, B.; RAHIMZADEH, F.; TAGIPOUR, A.; KUMAR, K. R.; REVADEKAR, J.; GRIFFITHS, G.; VINCENT, L.; STEPHENSON, D. B.; BURN, J.; AGUILAR, E.; BRUNET, M.; TAYLOR, M.; NEW, M.; ZHAI, P.; RUSTICUCCI, M.; VAZQUEZ-AGUIRRE, J. L. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. **Journal of Geophysical Research**, v. 111, D5, p. 1-22, 2006. DOI:10.1029/2005JD006290.
- 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.
- BETTIOL, W.; HAMADA, E.; ANGELOTTI, F.; AUAD, A. M.; GHINI, R. (Ed.). **Aquecimento global e problemas fitossanitários**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 488 p.
- BRANDÃO, S. da S.; GIONGO, V.; OLSZEWSKI, N.; SALVIANO, A. M. Coquetéis vegetais e sistemas de manejo alterando a qualidade do solo e produtividade da mangueira. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 4, p. 1079-1089, 2017. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/162557/1/Alessandra-2017.pdf>>. Acesso em: 6 fev. 2018.
- BRASIL. **Decreto nº 7.390, de 9 de dezembro de 2010**. Regulamenta os arts. 6, 11 e 12 da Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC, e dá outras providências. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/decreto/d7390.htm>. Acesso em: 7 fev. 2018.
- BRASIL. Presidência da República. Secretaria Geral da Presidência. Secretaria Especial de Assuntos Estratégicos. **Abertura comercial para o desenvolvimento econômico – Relatório de Conjuntura n. 3**. Brasília, DF, 2018. <http://www.secretariageral.gov.br/assuntos/assuntos-estrategicos/publicacoes-e-analise/abertura_comercial_para_o_desenvolvimento_economico.pdf>. Acesso em: 8 mar. 2018.
- CAVALCANTI, E. R.; COUTINHO, S. F. S. Desertification in the northeast of Brazil: the natural resources use and the land degradation. **Revista Sociedade & Natureza**, v. 1, n. 1, p. 891-900, 2005.
- 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.
- D'ODORICO, P.; LAIO, F.; PORPORATO, A.; RIDOLFI, L.; RINALDO, A.; RODRIGUEZ-ITURBE, I. Ecohydrology of terrestrial ecosystems. **BioScience**, v. 60, n. 11, p. 898-907, Dec. 2010. DOI:https://doi.org/10.1525/bio.2010.60.11.6
- ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA LUIZ DE QUEIROZ. Centro de Estudos Avançados em Economia Agrícola. **PIB do agronegócio brasileiro**. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>>. Acesso em: 7 fev. 2018.

FLAMMINI, A.; PURI, M.; PLUSCHKE, L.; DUBOI, O. **Walking the nexus talk**: assessing the water-energy-food nexus in the context of the sustainable energy for all initiative. [S.l.]: FAO, 2014. 147 p. (Environment and natural resources management working papers, v. 58). Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i3959e.pdf>>. Acesso em: 7 fev. 2018.

GONDIM, R. S.; CASTRO, M A. H. de; MAIA, A de H. N.; EVANGELISTA, S R. M.; FUCK, S.C. de F. Climate change impacts on irrigation water needs in the jaguaribe river basin. **Journal of the American Water Resources Association**, v. 48, n. 2, p. 355-365, 2012.

HIJMANS, R. J.; SERRAJ, R. Modeling spatial and temporal variation of drought in rice production. In: SERRAJ, R.; BENNETT, J.; HARDY, B. (Ed.). **Drought frontiers in rice**: crop improvement for increased rainfed production. Singapore: World Scientific Publishing, 2008. p. 19-31. DOI:10.1142/9789814280013_0002.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Summary for policymakers. In: [STOCKER, T. F.; QIN, D.; PLATTNER, G. -K.; TIGNOR, M.; ALLEN, S. K.; BOSCHUNG, J.; NAUELS, A.; XIA, Y.; BEX, V.; MIDGLEY, P. M. (Ed.). **Climate change 2013**: the physical science basis: contribution of working group to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge: Cambridge University Press, 2013.

MISSIRIAN, A.; SCHLENKER, W. Asylum applications respond to temperature fluctuations. **Science**, v. 358, n. 6370, p. 1610-1614, 2017. DOI: 10.1126/science.aao0432.

MOORE, F. C.; BALDOS, U.; HERTEL, T.; DIAZ, D. New science of climate change impacts on agriculture implies higher social cost of carbon. **Nature Communications**, v. 8, p. 1-9, 2017. DOI:10.1038/s41467-017-01792-x

MYERS, S. S.; ZANOBBETTI, A.; KLOOG, I.; HUYBERS, P.; LEAKEY, A. D. B.; BLOOM, A. J.; CARLISLE, E.; DIETTERICH, L. H.; FITZGERALD, G.; HASEGAWA, T.; HOLBROOK, N. M.; NELSON, R. L.; OTTMAN, M. J.; RABOY, V.; SAKAI, H.; SARTOR, K. A.; SCHWARTZ, J.; SENEWEERA, S.; TAUSZ, M.; USUI, Y. Increasing CO2 threatens human nutrition. **Nature**, v. 510, p. 139-142, 2014. DOI: 10.1038/nature13179.

PEREIRA, A. A. **Aspectos da ecologia de Boophilus microplus (CANESTRINI, 1887) (ACARINA: IXODIDAE) no Município de Franca, nordeste de São Paulo**. Jaboticabal, 2008, 113 p. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

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. 107 p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80076/Plano_ABC_VERSAO_FINAL_13jan2012.pdf>. Acesso em: 7 fev. 2018.

POWER, A. G. Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 365, p. 2959-2979, 2010. DOI:10.1098/rstb.2010.0143.

PRODUÇÃO AGRÍCOLA MUNICIPAL - PAM. 2018. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acesso em: 2 mar. 2018.

SACRAMENTO, J. A. A. S.; ARAÚJO, A. C. de M.; ESCOBAR, M. E. O.; XAVIER, F. A. da S.; CAVALCANTE, A. C. R.; OLIVEIRA, T. S. de Soil carbon and nitrogen stocks in traditional agricultural and agroforestry systems in the semiarid region of Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 3, p. 784-795, 2013.

SCOTT, C. E.; MONKS, S. A.; SPRACKLEN, D. V.; ARNOLD, S. R.; FORSTER, P. M.; RAP, A.; ÄIJÄLÄ, M.; ARTAXO, P.; CARSLAW, K. S.; CHIPPERFIELD, M. P.; EHN, M.; GILARDONI, S.; HEIKKINEN, L.; KULMALA, M.; PETÄJÄ, T.; REDDINGTON, C. L. S.; RIZZO, L. V.; SWIETLICKI E., VIGNATI E., WILSON C. Impact on short-lived climate forcers increases projected warming due to deforestation. **Nature Communications**, v. 9, p. 1-9, 2018. DOI: 10.1038/s41467-017-02412-4.

SILVA, R. de O.; BARIONI, L. G.; ALBERTINI, T. Z.; EORYD, V.; TOPP, C. F. E.; FERNANDES, F. A.; MORAN, D. Developing a nationally appropriate mitigation measure from the greenhouse gas GHG abatement potential from livestock production in the Brazilian cerrado. **Agricultural Systems**, v. 140, p. 48-55, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2015.08.011>.

STAHEL, W. R. The circular economy. **Nature**, v. 531, n. 7595, p. 435-438, 2016.

STEVANOVIĆ, M.; POPP, A.; LOTZE-CAMPEN, H.; DIETRICH, J. P.; MÜLLER, C.; BONDSCH, M.; SCHMITZ, C.; BODIRSKY, B. L.; HUMPEŃÖDER, F.; WEINDL, I. The impact of high-end climate change on agricultural welfare. **Science Advances**, v. 2, n. 8, 2016, p. 1-9, DOI: 10.1126/sciadv.1501452.

STOCKER, T. F.; QIN, D.; PLATTNER, G.-K.; TIGNOR, M. M. B.; ALLEN, S. K.; BOSCHUNG, J.; NAUELS, A.; XIA, Y.; BEX, V.; MIDGLEY, P. M.(Ed.). **IPCC, 2013: Climate change 2013: the physical science basis: working group I contribution to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change**. Cambridge: Cambridge University Press, 2013. 1535 p.

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. Disponível em: <<http://www.pnas.org/content/114/35/9326.full>>. Acesso em: 7 fev. 2018.