

16. Neves, E. G.; Petersen, J. B.; Bartone, R. N.; Silva, C. D. "Historical and socio-cultural origins of Amazonian Dark Earths". In: J. Lehmann, D. C. Kern, B. Glaser, and W. I. Woods (eds), *Amazonian Dark Earths: origin, properties, management*. (Berlin: Springer Science and Business Media), 29-50, 2003.
17. Melo, A.S.; Justino, F.; Lemos, C.F.; Sediyyama, G.; Ribeiro, G. "Susceptibilidade do ambiente a ocorrências de queimadas sob condições climáticas atuais e de futuro aquecimento global". *Rev. Bras. Meteorol.*, 26, 401-418, 2011.
18. Território Indígena do Xingu (TIX) é o nome adotado, desde 2017, pelos 16 povos indígenas que habitam as cabeceiras e a parte alta do Rio Xingu - Aweti, Ikpeng, Kalapalo, Kamaiurá, Kawaiweté, Kisêdjê, Kuikuro, Matipu, Mehinako, Nahukuá, Naruvôtu, Tapayuna, Trumai, Waurá, Yawalapiti, Yudja - para designar a área de 2,8 milhões de hectares em que habitam. A área é composta pelo Parque Indígena do Xingu, criado em 1961, e outras três terras indígenas contíguas, demarcadas a partir da Constituição Federal de 1998: Wawi, Batovi e Pequizal do Naruvôtu. Embora seja um território extenso, o TIX é apenas uma das extremidades do amplo corredor de áreas protegidas distribuídas ao longo da bacia do Rio Xingu.
19. Food and Agricultural Organization FAO. "The State of Food and Agriculture 2016 (SOFA): Climate change, agriculture and food security". Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2016. <http://www.fao.org/3/a-i6030e.pdf>
20. IPBES Global Assessment, 2019. Disponível em: <https://ipbes.net/news/Media-Release-Global-Assessment>
21. Tripathi A. et al. "Paradigms of climate change impacts on some major food sources of the world: a review on current knowledge and future prospects". *Agric Ecosyst Environ*, 216: 356-373, 2016.
22. Islam, M. T.; Nursey-Bray, M. "Adaptation to climate change in agriculture in Bangladesh: the role of formal institutions". *J Environ Manage*, 200: 347-358, 2017.
23. Lyver, P.; Perez, E.; Carneiro da Cunha, M.; Roué, M. (eds). "Indigenous and local knowledge about pollination and pollinators associated with food production: outcomes from the global dialogue workshop". (Panama 1-5 December 2014). Paris, Unesco, 2015.
24. Clement, C. R. et al. "The domestication of Amazonia before European conquest". *Proc. R Soc. B* 282:20150813, 2015.
25. Balée, W. "The research program of historical ecology". *Annu. Rev. Anthr.* 35, 75-98, 2006.
26. Fausto, C.; Neves, E. G. "Was there ever a Neolithic in the Neotropics? Plant familiarization and biodiversity in the Amazon". *Antiquity*, 92.366:1604-1618, 2018.

SISTEMAS AGRÍCOLAS ADAPTADOS ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Eduardo Delgado Assad

Nos últimos 500 mil anos a temperatura na Terra tem variado e os melhores registros foram obtidos por meio dos testemunhos de gelo perfurados nos mantos gelados da Antártida e da Groenlândia [1]. Nesses registros foram observadas três idades do gelo: há cerca de 350 mil, de 260 mil e de 150 mil anos. Entretanto, registros apontam que há cerca de 10 mil anos as temperaturas retornaram para um clima interglacial quente [1], que marca o que os geólogos designam por Época Holocênica. Essa mudança marca também a passagem do *Homo sapiens* de caçador-coletor – portanto, nômade – para agricultor, capaz de fabricar instrumentos, como machados e enxadas, a partir de pedras polidas. Esta mudança tem sido considerada a origem da revolução agrícola neolítica [2, 3].

A rigor, pesquisas apontam para vários centros de origem da agricultura: na região da Síria-Palestina e na Papua-Nova Guiné, há cerca de 10 mil anos; no sul do México, entre 9 mil e 4 mil anos atrás; na China, entre 8 mil e 6 mil anos atrás; além de registros de figueiras plantadas no vale do Jordão, há cerca de 11 mil anos [2].

A partir daí, a população mundial vem crescendo expressivamente e observa-se um aumento da demanda por produtos agrícolas, sem que isto signifique necessariamente melhoria da qualidade e da distribuição de alimentos [3]. Dos primeiros cultivos aos dias de hoje, a evolução do conhecimento e da tecnologia permitiram mudanças significativas na produção agrícola. Técnicas e sistemas de produção tornaram-se cada vez mais eficientes; a produtividade de culturas aumentou; a qualidade dos produtos agropecuários foi modificada; e a mão de obra empregada diminuiu de tamanho à medida que as técnicas se tornaram mais eficientes [4].

Como consequência, foram necessárias transformações nos sistemas de produção, que passaram sucessivamente da derrubada-queimada para os sistemas de cultivo de sequeiro e irrigados; seguidos de sistemas de preparo do solo após pousio, primeiro com tração animal e posteriormente com tração motorizada; até as grandes transformações que ocorreram a partir de meados do século XIX e que se intensificaram na segunda metade do século XX, após as grandes guerras mundiais.

A fertilização dos solos, o uso de defensivos agrícolas, o melhoramento genético de plantas e animais, a ampliação dos conhecimentos sobre fisiologia e demanda de água de plantas e sobre aptidão de terras para culturas, o uso de máquinas cada vez mais pesadas e muitas outras técnicas, fizeram com que a produtividade das culturas se ampliasse muito, comparadas com a agricultura praticada há 5 mil anos.

Essas transformações ao longo desses 10 mil anos não foram uniformes em todas as regiões do planeta nem proporcionaram um padrão único de atividade agrícola. Ao contrário, até os dias de hoje observam-se grandes contrastes entre os sistemas de produção e a produtividade de culturas, tanto entre países quanto entre populações de padrões socioeconômicos distintos [4]. O contraste é traduzido em termos de distribuição geográfica da insegurança alimentar no mundo. Estima-se que 2 bilhões de pessoas no mundo vivem em condições de insegurança alimentar, sendo 1,03 bilhões na Ásia, 675 milhões na África, 205 milhões na América Latina e Caribe, 88 milhões na América do Norte e Europa, e 5,9 milhões na Oceania [5]. Tais diferenças regionais trazem também importantes desequilíbrios no planeta em termos de emissões de gases de efeito estufa. Mas quais as consequências dessas transformações no equilíbrio do planeta?

Num horizonte temporal de mais de 200 anos, algumas descobertas e evidências foram se acumulando e mostrando que o planeta está se aquecendo cada vez mais. No ano de 1824, o matemático francês Jean batista Fourier calculou que a Terra seria muito mais fria se não existisse atmosfera. Como a atmosfera é composta por gases, começou então a se delinear o conceito de efeito estufa, contestado por alguns negacionistas até hoje. Na verdade, o efeito estufa é um fenômeno natural, causado pela presença de gases – chamados de gases de efeito estufa (GEE) – na atmosfera. Sem a ajuda do efeito estufa natural, o Sol não conseguiria aquecer a Terra o suficiente para que ela fosse habitável e atingisse temperaturas médias de 15° C. Parte das emissões desses GEE é resultante das atividades agrícolas modernas [6] e a concentração deles na atmosfera está aumentando.

AS EMISSÕES NO MUNDO E NO BRASIL: PRINCIPAIS DIFERENÇAS A emissão de gases nos últimos 100 anos tem provocado o aumento da temperatura do planeta além daquela resultante dos fenômenos naturais. Esse aumento já ultrapassou 1° C nesse período. Os acordos internacionais que visam a redução das emissões de GEE têm como meta evitar que a temperatura atinja um aumento de 1,5° C.

Estudos indicam que existe 100% de probabilidade de se atingir 2° C até 2050 [7]. As emissões são contabilizadas todos os anos de acordo com critérios definidos pelo Painel Intergovernamental para a Mudança de Clima (IPCC). Normalmente, para efeito de comparação das emissões entre os países, o protocolo utilizado consta das diretrizes para os inventários nacionais de GEE [8]. De maneira global, os setores que mais emitem são energia (incluindo transporte, indústria e construção), com 72%; e agricultura, floresta e mudança do uso do solo, com 18% [9].

No Brasil, os maiores aumentos nas emissões de GEE, traduzidos em CO₂ eq. de 2010 para 2016 (Tabela 1) estão na mudança do uso do solo (57,4%), seguido de energia e resíduos (7,2%) e agropecuária (6,3%), que apresentou a menor variação nas emissões nesse período [10]. Isso evidencia um esforço de promover a redução das emissões com adoção de técnicas de produção agrícola mais equilibradas. Comparado com as emissões do planeta, a situação no Brasil é inversa, ou seja, a mudança do uso do solo (LULUCF da sigla em inglês), provocada principalmente pelo desmatamento, é a principal responsável pelas emissões totais, e não indústria/energia/transporte. Além disso, provoca perda de biodiversidade, alteração no ciclo hidrológico e aumento da vulnerabilidade ambiental, entre outros. O controle do desmatamento portanto é urgente e necessário, caso contrário não serão atingidas as metas do Acordo de Paris.

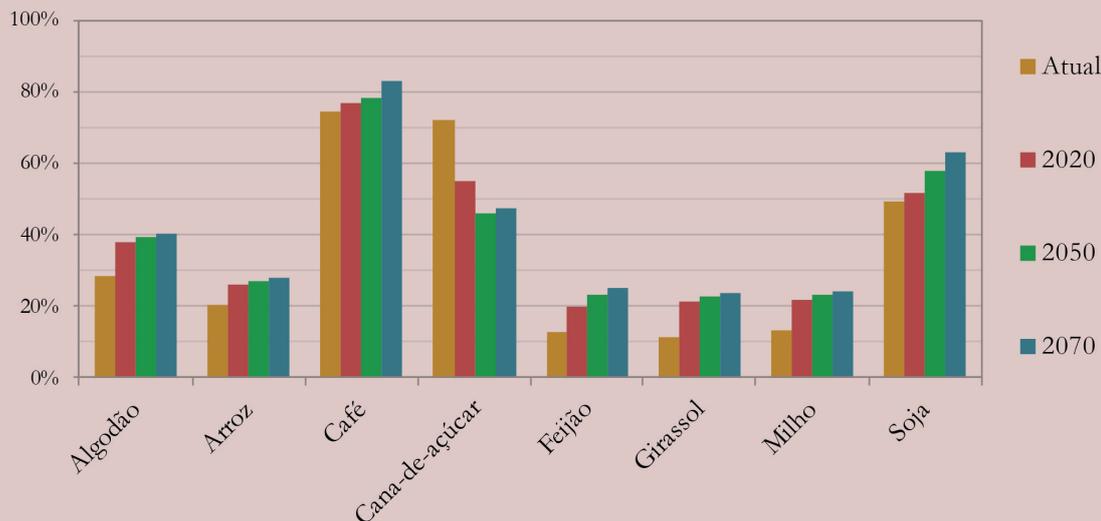
IMPACTOS DO CLIMA NA AGRICULTURA BRASILEIRA O aumento da temperatura provocado pelo aumento das emissões de GEE causa importantes impactos na agropecuária. Os mais frequentes no Brasil são abortamento de flores no café, no feijão e na laranja, tendo como consequência redução da produtividade; redução da produção de leite; abortamento nas porcas prenhas; e morte dos pintos de um dia. Mais recentemente, observaram-se óbitos em bovinos. Na produção de grãos, o aumento da deficiência hídrica tem provocado redução na produtividade das lavouras de milho safrinha e soja, principalmente em áreas do sul do Brasil e nos estados de Goiás e Mato Grosso do Sul. No Rio Grande do Sul, em 2020, as perdas na

Tabela 1 - Evolução das emissões de CO₂ eq. no Brasil, de 1990 a 2016 [10]

Setor	1990	1995	2000	2005	2010	2016	2010-2016
	Milhões de toneladas de CO ₂ eq						%
Energia	192,8	231	288,2	313,4	374,7	423,6	13,1
IPPU	53,6	64	73,8	78,9	87,1	93,4	7,2
Agricultura	329,5	359,2	370,1	438	458,1	487	6,3
LULUCF	907,5	1.966,8	1.175	1.564,1	252,5	397,4	57,4
Resíduos	26,2	34,3	42,6	51,6	56,7	66	16,4
Total	1.509,6	2.655,3	1.949,7	2.446	1.229,1	1.467,4	19,4

Siglas: IPPU - sigla em inglês de processos industriais e uso de produtos; LULUCF - sigla em inglês de uso da terra, mudança do uso da terra e florestas

Figura 1 - Cenários de risco de perda de produtividade de diferentes culturas no Brasil (linha de base = 1976-2005; cenários para os anos 2020, 2050 e 2070) [16]



produção da soja devidas à seca ultrapassaram 40%, e na produção de milho, 30% [11]. Estudos em andamento apontam que esse fenômeno vem se repetindo com frequência nos últimos dez anos, o que indica não se tratar de um fenômeno cíclico. A deficiência hídrica tem sido persistente ao longo dos anos e está diretamente vinculada ao aumento da temperatura. Somente com mudança de sistemas de produção, para sistemas mais resilientes e adaptados, a perda de grãos pode ser reduzida.

A incidência de pragas e doenças em plantas cultivadas também pode ser afetada pelas mudanças do clima, por meio de efeitos diretos e indiretos sobre a planta hospedeira, sobre o patógeno e sobre a interação entre eles, além de alterar a ação de agentes de controle biológico e vetores [12]. Aumentos de temperatura e de umidade no ar e no solo podem também aumentar a incidência de doenças em arroz [13] e café [14]. Uma vez que o ambiente, os patógenos e os insetos estão interligados, as mudanças climáticas influenciarão a geografia e a distribuição das mesmas, podendo causar impactos nas culturas [12].

A análise do risco de perda de produção, com relação ao aumento da temperatura feita para as culturas de algodão, arroz, café, cana-de-açúcar, feijão, girassol, milho e soja, para diferentes cenários, supondo um aquecimento médio igual ou superior a 4° C para todos os municípios do Brasil (Figura 1), aponta que somente na cana-de-açúcar o impacto é positivo [15]. As culturas de algodão, arroz, café, feijão, girassol, milho e soja teriam perda de produtividade, principalmente por deficiência hídrica.

Com a mudança climática, os riscos para a segurança alimentar e nutricional são multiplicados devido ao aumento na frequência e intensidade de eventos extremos e desastres relacionados com o clima. O aumento da temperatura média também implica em alterações na precipitação e vento, dentre outros fatores. O maior

indicador de perda de produtividade, principalmente nos grãos, é a deficiência hídrica, diretamente relacionada com o aumento da temperatura e as alterações no regime de chuvas.

As regiões brasileiras mais vulneráveis à mudança do clima no Brasil seriam a Amazônia e o Nordeste. A redução da área de baixo risco climático de produção para a agricultura deve promover fortes perdas agrícolas nessas regiões [15].

ESFORÇO DE MITIGAÇÃO

Desde 2010, com a criação do 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) [16], um grande esforço tem sido feito para reduzir as emissões de GEE na agricultura brasileira. Antes da criação do plano ABC, foram feitas estimativas que mostravam qual o potencial de mitigação da agricultura no país, que poderia ser levado para discussão no acordo de Copenhague. Nesse início, foram intensamente discutidas as práticas agrícolas que mais poderiam reduzir as emissões na agricultura. Muito pouco foi discutido a respeito de adaptação, cujas ações seriam benefícios adicionais [17]. O foco era mitigação, tanto para o Acordo de Copenhague como para o Acordo de Paris.

Esse esforço de mitigação reflete os resultados relacionados ao então Acordo de Copenhague, onde foram atingidas mais de 90% das metas em 10 anos [17]. A mitigação pode minimizar os efeitos do aquecimento nos médio e longo prazos. Já a adaptação teria efeitos no curto prazo.

OS PRINCIPAIS DESAFIOS PARA A ADAPTAÇÃO

“A adaptação da agropecuária às mudanças climáticas pode ser vista como um processo para promover o uso de práticas de gestão baseadas em ecossistemas (soluções baseadas na natureza), que podem fornecer resultados positivos. Em sistemas agrícolas, adaptar implica adotar práticas de manejo que aproveitem a biodiversidade, os serviços ecossistêmicos e os processos ecológicos de biomas naturais ou modificados, como base para ajudar a aumentar a capacidade das culturas e da pecuária de se adaptar às mudanças e às variações climáticas” [17].

O esforço da adaptação segue dois caminhos básicos. O primeiro, a melhoria dos sistemas de produção como recuperação de pastagens, integração lavoura-pecuária, lavoura-pecuária-floresta, dentre outros. A ideia é propor uma produção sustentável, integrando atividades pecuárias, agrícolas e florestais em uma mesma área, em sistema de cultivo consorciado, rotacionado ou de sucessão. Com isso, o agricultor consegue alcançar uma sinergia maior entre os diversos componentes desse sistema e usufruir das vantagens de cada cultura. Por exemplo, o plantio de árvores, exóticas ou nativas, além de contribuir para fixação de carbono, pode também se tornar uma fonte de renda para o produtor, além de reduzir a deficiência hídrica no solo, as perdas por veranicos ou secas mais prolongadas e os efeitos das geadas, além de melhorar a ambiência animal, exposta aos efeitos das ondas de calor.

O segundo caminho é o da biotecnologia, onde por meio do melhoramento genético é possível encontrar genes tolerantes à temperatura elevada e à alta deficiência hídrica. Esse é um caminho promissor e soluções já foram encontradas para soja [18], feijão [19], algodão [20] e para a pecuária bovina [20]. No caso específico deste trabalho, o foco são os sistemas de produção adaptados, portanto não serão discutidos os avanços em biotecnologia. A figura 2 ilustra as duas categorias em que são classificados os sistemas mais adaptados [17].

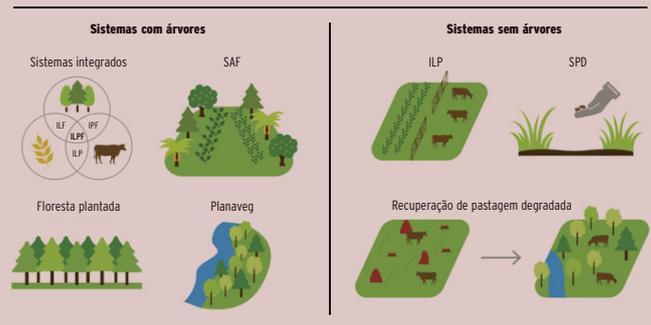
Os sistemas mais conhecidos e adotados hoje no Brasil são a integração lavoura-pecuária-floresta, integração pecuária-floresta, integração lavoura-floresta e os sistemas agroflorestais (SAF). Esses sistemas são bem conhecidos e estudados e fazem parte diretamente das ações da agricultura ABC [21]. Entretanto, considerando uma estratégia de resiliência e adaptação socioambiental, um destaque especial deve ser dado aos SAF: a) eles apresentam alta capacidade de adaptação e b) possuem grande potencial de adoção pelos 3,8 milhões de pequenos agricultores brasileiros que se encontram na faixa de extrema pobreza ou baixa renda [22].

Assim, pode-se afirmar que no Brasil, além dos esforços de mitigação de gases de efeito estufa, as propostas de adoção de sistemas de produção mais resilientes e adaptados ao aquecimento global existem e devem ser fortemente difundidas e financiadas. Talvez essa venha a ser a mais profunda transformação no setor, reduzindo as desigualdades que existem na agricultura brasileira.

SISTEMAS AGRÍCOLAS ADAPTADOS: DESIGUALDADES DIFICULTAM A ADOÇÃO Se são sistemas eficientes, aumentam a produtividade e são adaptados às mudanças climáticas e à agricultura tropical, porque no Brasil os sistemas de adaptação ainda não têm escala e não atingem um grande espectro de agricultores brasileiros? Mesmo considerando a enorme pressão que o país vem sofrendo do comércio exterior e a exigência de fornecer alimentos limpos e dissociados de desmatamento e outras práticas insustentáveis.

Neste ponto é que a tecnologia encontra seu maior adversário: as condições socioeconômicas do país. O Brasil é desigual, sempre foi.

Figura 2 - Sistemas de produção com árvores e sem árvores, apoiados pelo Plano ABC, que são adaptados às mudanças climáticas [17]



Num total de 5,5 milhões de propriedades rurais, 24,7 mil estabelecimentos são responsáveis por 52% do valor bruto do agronegócio [23]. Esses estabelecimentos podem adotar os sistemas de produção propostos, caso tenham interesse e o retorno do investimento seja rápido. Não é o caso dos sistemas integrados. Construir a sustentabilidade e adaptar sistemas de produção às mudanças climáticas, leva tempo. O retorno é duradouro e não efêmero como os sistemas convencionais. Os avanços na agricultura levaram mais de 8 mil anos para chegar aonde chegamos. Não podemos nem devemos pensar que em uma década vamos voltar a um possível equilíbrio ou que a tecnologia nos mostrará soluções para todos os desequilíbrios presentes até então.

As soluções existem, mas como atingir todos os agricultores? Dados do Censo Agropecuário apontam que, em 2017, existiam 4,8 milhões de estabelecimentos rurais no Brasil, dos quais 4,3 milhões (90%) pertenciam aos grupos de extrema pobreza e de baixa renda [23], com pouco ou nenhum acesso a processos tecnológicos avançados de produção e de escoamento de safra. São propriedades consideradas pobres, dissociadas de grandes federações do setor agrícola e dos processos de modernização, e com renda mensal inferior a dois salários mínimos. E mais, entre os 69% dos estabelecimentos na faixa de extrema pobreza em 2017, a maioria era de produtores familiares, grande parte concentrada na região Nordeste [23]. Ou seja, uma importante parcela da população do setor agropecuário precisará de muito apoio governamental para entrar no conjunto de ações que irão se adaptar às mudanças climáticas.

Em 2017, 9% dos estabelecimentos mais abastados participavam com aproximadamente 85% do valor bruto da produção (VBP) agrícola brasileira [23]. Além da agropecuária de grande escala, que responde pela maior parcela da riqueza produzida pelo país, o Brasil rural pobre e médio está alicerçado em técnicas tradicionais e produz o alimento que vai parar nas mesas das famílias brasileiras. País afora, milhões de pequenos produtores têm na vida enraizada no campo o único incentivo para encarar a desigualdade e o atraso tecnológico.

Como adotar sistemas de produção adaptados “modernos” e dependentes de tecnologia e informação? Alguns economistas indicam que essa exclusão dos agricultores e a modernidade tecnológica são consideradas como “imperfeições de mercado”, maior argumento do liberalismo. Ou seja, o mercado regula; se não regular, são imperfeições. Na verdade, analisando a história do Brasil, são imperfeições da política agrícola brasileira que de forma secular excluíram a grande maioria dos agricultores. É possível corrigir se conseguirmos integrar na agricultura moderna os milhões de produtores que ainda estão à margem, há séculos. Na verdade, exemplos como esses podem ser comparados à frustração do arquiteto Oscar Niemayer e do urbanista Lucio Costa, que depois de idealizarem na criação de Brasília uma sociedade sem diferenças sociais, onde o motorista poderia ser vizinho do seu patrão ou chefe, tomaram “um murro da realidade”. Ou seja: o Brasil tem soluções brilhantes, criativas, modernas e de vanguarda em qualquer área, inclusive com propostas de sistema adaptados às mudanças climáticas. O problema é como conviver com a realidade social e adaptar esses sistemas não às mudanças climáticas e sim à realidade brasileira.

Eduardo Delgado Assad é engenheiro agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), doutor em ciências e manejo de água pela Universidade de Ciências e Técnicas de Montpellier, França, e pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária. É membro do comitê científico do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas e professor do Mestrado em Agronegócio da Fundação Getúlio Vargas (FGV–EESP).

REFERÊNCIAS

- Press, F. et al. *Para entender a Terra*. Tradução: Menegat, R. (coord.). 4ª edição. Porto Alegre: Bookman, 2006. 650 p.
- Mazoyer M.; Roudart, L. *História das agriculturas no mundo - do neolítico à crise contemporânea*. Tradução: Ferreira, C. F. B. São Paulo: Editora Unesp / Brasília: NEAD. 2010. 568p.
- Harari, Y. N. *Sapiens - uma breve história da humanidade*. Tradução: Marcoantonio, J. Porto Alegre: L&PM Editores S. A., 2018. 464 p.
- Assad, E. D.; Lopes-Assad, M.L. “Aquecimento global e a agricultura”. *Scientific American Brasil*, v. 122, p. 14-19, 2018.
- FAO 2020. “The State of Food Security and Nutrition in the World: Executive Summary”. http://www.fao.org/3/ca9692en/online/ca9692en.html#chapter-executive_summary.
- IPCC. “Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change” [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Genebra, Suíça, 151 pp. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf.
- Soares, R. W.; Marengo, J. A.; Nobre, C. A. “Assessment of warming projections and probabilities for Brazil”. In: *Climate change risks in Brazil*. Nobre, C.A.; Marengo, J. A.; Soares, R. W. (Chapter 2). Springer. 2019.
- IPCC. “Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories”, 2006. Vol. 4 - Agriculture, Forestry and Other Land Use. Disponível em: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>
- World in Data Project of the Global Change Data Lab. Greenhouse emissions bay sector, World. Disponível em: <https://ourworldindata.org/grapher/greenhouse-gas-emissions-by-sector?time=earliest..latest>.
- Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), 2020. Quarta Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. 513 p. Disponível em https://issuu.com/mctic/docs/quarta_comunicacao_nacional_brasil_unfccc. Acesso em 15 de março de 2021.
- Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Rio Grande do Sul (Emater/RS). Levantamento realizado até o dia 8 de maio de 2020 (não publicado).
- Ghini, R.; Hamada, E. “Proposta metodológica para discussão dos impactos das mudanças climáticas globais sobre doenças de plantas”. In: Ghini, R.; Hamada, E. (eds.). *Mudanças climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 17-24
- Prabhu, A. S.; Silva, S. C. da; Fillipi, M. C. de. “Impacto do potencial das mudanças climáticas sobre as doenças do arroz no Brasil”. In: Ghini, R.; Hamada, E. (eds.). *Mudanças climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 141-158.
- Pozza, E. A.; Alves, M. de C. “Impacto do potencial das mudanças climáticas sobre as doenças fúngicas do cafeeiro no Brasil”. In: Ghini, R.; Hamada, E. (eds.). *Mudanças climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 213-233.
- Assad, E. D.; Ribeiro, R. R. R.; Nakai, A.N. “Assessment and how increase in temperature may have an impact on agriculture in Brazil and mapping of the current and future situation”. Chapter 3. In: *Climate change risks in Brazil*. Nobre, C. A.; Marengo, J. A.; Soares, R. W. Springer. 2019.
- 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. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Ministério do Desenvolvimento Agrário, Casa Civil da Presidência da República, 2012. 173 p.
- Assad, E. D. et al. “Papel do Plano ABC e do Planaveg na adaptação da agricultura e da pecuária às mudanças climáticas”. Working Paper. São Paulo, Brasil: WRI Brasil. 47 p. Disponível em: <https://wribrasil.org.br/pt/publicacoes>
- Fuhrmann-Aoyagi, M. B. et al. “Constitutive expression of *Arabidopsis* bZIP transcription factor *AREB1* activates cross-signaling responses in soybean under drought and flooding stresses”. *Journal of Plant Physiology*, v. 257, 153338, 2021.
- Hoffmann Jr., L. et al. “Resposta de cultivares de feijão à alta temperatura do ar no período reprodutivo”. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.37, n.6, p.1543-1548, nov-dez, 2007

20. Freire, E. C. et al.. "Objetivos e métodos usados nos programas de melhoramento do algodão", In: Beltrão, N. E. de M. e Azevedo, D. M. P. (eds.), *O agronegócio do algodão no Brasil*, vol. 1, 2a ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, pp. 299-323c, 2008.
21. Dikmen, S. et al. "The SLICK hair locus derived from Senepol cattle confers thermotolerance to intensively managed lactating Holstein cows *Journal of Dairy Science*". *Science*, 97: 5508-5520, 2014.
22. Manzatto, C. V. et al. *Mitigação das emissões de gases de efeito estufa pela adoção das tecnologias do Plano ABC: estimativas parciais*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2020. (Documentos / Embrapa Meio Ambiente, 1516-4691; 122).
23. Vieira-Filho, J. E. R. "100 anos de censo agropecuário no Brasil". *Revista Política Agrícola*, ano XXIX, n.1, jan/fev/mar 2020, p 133-135.

PAPEL DA AGRICULTURA FAMILIAR NO SEQUESTRO DE CARBONO E NA ADAPTAÇÃO ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Lucas Carvalho Gomes e Irene Maria Cardoso

AGRICULTURA FAMILIAR E MUDANÇAS CLIMÁTICAS É um consenso que as ações humanas sobre os ecossistemas têm aumentado a degradação ambiental devido à frequência de eventos climáticos extremos como secas e intensas precipitações. As projeções para o futuro são pessimistas, caso a atual tendência de degradação seja mantida [1]. A destruição de ecossistemas naturais como as florestas e o aumento do uso de combustíveis fósseis pelo ser humano são apontados com alguns dos principais fatores responsáveis pela alteração dos padrões climáticos, devido principalmente à produção de gases do efeito estufa (GEE), uma das causas do aumento da temperatura global.

O dióxido de carbono (CO₂), também conhecido como gás carbônico, é apontado como um dos principais GEE. As plantas possuem um papel central na regulação das concentrações de CO₂ na atmosfera, uma vez que sequestram CO₂ do ar para formar biomassa e liberam oxigênio para a atmosfera. Portanto, quando há uma diminuição das áreas florestais, o potencial de sequestro e renovação do ar é diminuído. Além disso, o desmatamento também pode afetar o carbono presente no solo. O solo é um dos principais reservatórios de carbono do planeta, pois contém cerca de quatro vezes mais carbono que a vegetação global.

Diante disso, a humanidade deve se apressar para desenvolver hábitos de vida mais sustentáveis para tentar mitigar as mudanças climáticas e adotar sistemas agrícolas biodiversos, que conservem os solos, sejam mais resilientes diante de possíveis mudanças climáticas e que contribuam para mitigar tais mudanças. Os sistemas agrícolas da agricultura familiar geralmente possuem uma maior diversidade de plantas com maior produção de biomassa e proteção dos solos. Por isso são considerados mais sustentáveis e importantes na mitigação dos impactos das mudanças climáticas, tanto pelo aumento do sequestro de carbono da atmosfera quanto pelo desenvolvimento de sistemas de cultivo agrícolas mais adaptados e resilientes às mudanças climáticas.

Seus sistemas agrícolas geralmente envolvem a produção de hortaliças, frutíferas, culturas perenes e a criação animal, o que garante também uma produção agrícola mais diversificada.

A biodiversidade presente nas propriedades familiares é importante para a soberania alimentar, dada a qualidade e quantidade de alimentos produzidos de forma autônoma na propriedade. Isso tem uma relação direta com a saúde da família. A biodiversidade contribui ainda com a autonomia da família ao diminuir a necessidade de aquisição de insumos externos à propriedade, já que a biodiversida-