

O Aquecimento Global e o Impacto na Amazônia e na Agricultura Brasileira

Carlos A Nobre¹ e Eduardo D. Assad²

1) Introdução

A temperatura média global do planeta à superfície vem aumentando nos últimos 120 anos, já tendo atingido 0,6 a 0,7 C, tendo a maior parte deste aquecimento ocorrido nos últimos 50 anos. A última década apresentou os três anos mais quentes dos últimos 1000 anos da história recente da Terra. Hoje, existe um crescente consenso na comunidade científica que se ocupa do estudo das mudanças climáticas, refletido, por exemplo, nas análises sistemáticas do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, na sigla em Inglês), de que o aquecimento global observado nos últimos 120 anos é provavelmente explicado pelas emissões antropogênicas dos Gases de Efeito Estufa - GEE (principalmente, dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, CFCs) e de aerossóis, e não por eventual variabilidade natural do clima. Na verdade, muitos cientistas enxergam inúmeras evidências apontando não mais para a possibilidade de o Planeta Terra enfrentar *futuras* mudanças no clima, mas indicando que já estaríamos vivendo a era das mudanças climáticas resultantes do aquecimento global.

Esta possibilidade se torna mais realística ao lembrarmos que a maioria dos GEE tem longa vida (décadas a séculos) na atmosfera até serem removidos. Cálculos recentes com sofisticados modelos climáticos globais mostraram que, mesmo que as concentrações destes gases na atmosfera fossem mantidas constantes nos valores atuais, as temperaturas continuariam a subir por mais de 200 anos e o nível do mar, por mais de um milênio. Quando levamos em conta o efeito dos aerossóis, o quadro torna-se mais assustador. Hoje, os aerossóis de sulfato resultado da queima de enxofre presente nos combustíveis fósseis refletem radiação solar e tem um papel de resfriamento da superfície. Entretanto, estes aerossóis (particulados) estão associados a efeitos deletérios na saúde, como doenças respiratórias. Todas as sociedades rapidamente estão buscando reduzir suas emissões, até sua completa eliminação. Quando isto ocorrer, este efeito relativo de resfriamento da superfície irá desaparecer e a magnitude total do aumento do efeito estufa virá à tona. Isto pode significar um abrupto aumento das temperaturas globais de 0,6 a 1 C nos próximos 30 anos. Razão de sobra para preocupação global.

Quando se analisa os possíveis impactos das mudanças climáticas, as avaliações do IPCC indicam sem sombra de dúvida que os países em desenvolvimento são de modo geral os mais vulneráveis. Para o Brasil, não é difícil entender o porquê desta vulnerabilidade: encontram-se abundantes exemplos de impactos adversos da variabilidade natural do clima, como as secas e estiagens, as cheias e inundações e os deslizamentos em encostas, somente para citar alguns. Decorre daí que quanto maior

¹ Carlos Afonso Nobre, pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)

² Eduardo Delgado Assad, pesquisador da Embrapa Informática na Agropecuária

tenha sido a dificuldade histórica de uma sociedade em conviver com a variabilidade natural do clima, e com seus extremos, maior será o esforço para adaptar-se às mudanças futuras do clima, e deve-se levar em conta que a frequência de ocorrência de muitos tipos de extremos climáticos poderá aumentar. Em particular, o dois setores podem ser particularmente vulneráveis: os ecossistemas naturais e os agro-ecossistemas. Desta maneira, nas seções abaixo, enfoca-se projeções de prováveis impactos nos ecossistemas naturais da Amazônia e na agricultura brasileira.

2) Impactos das mudanças climáticas nos ecossistemas da Amazônia

Ao contrário da maioria das atividades humanas, ecossistemas naturais não apresentam grande capacidade de adaptação (ou bem-sucedida migração em resposta) à magnitude das mudanças climáticas se estas ocorrerem no curto intervalo de décadas. Estes podem normalmente migrar ou se adaptar a mudanças climáticas que ocorram na escala de muitos séculos a milênios. Quando somamos ao aquecimento global as alterações de vegetação resultantes das mudanças dos usos da terra, notadamente os desmatamentos das florestas tropicais e dos cerrados do país, é quase certo que acontecerão rearranjos importantes nos ecossistemas e mesmo redistribuição de biomas. A assombrosa velocidade com que tais alterações estão ocorrendo em comparação àquelas dos processos naturais em ecossistemas introduz séria ameaça à mega-diversidade de espécies da flora e da fauna dos ecossistemas brasileiros, em especial da Amazônia, com o provável resultado de sensível empobrecimento biológico.

Busquemos avaliar quantitativamente as prováveis alterações e redistribuições dos grandes biomas brasileiros em resposta a cenários de mudanças climáticas projetadas por seis diferentes modelos climáticos globais avaliados pelo IPCC para o final do Século XXI. A ferramenta utilizada é um modelo matemático desenvolvido por pesquisadores do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Em tal modelo, os biomas em todo o globo (floresta tropical ou temperada ou boreal, savana, campos, caatinga, tundra, desertos, etc.) estão univocamente relacionados a um conjunto de parâmetros climáticos (temperaturas, distribuição de chuvas, água no solo, evapotranspiração, etc.). Desta maneira, pode-se superpor neste modelo os cenários climáticos futuros e interpretar possíveis mudanças de biomas. Os resultados são mostrados na Figura 1.

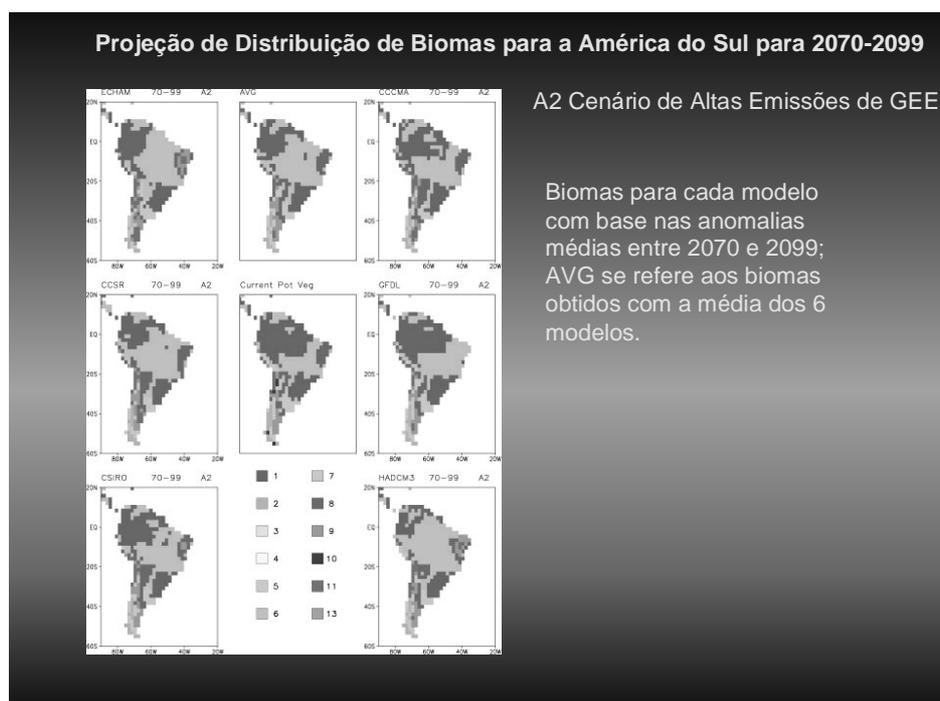


Figura 1. Projeção de Distribuição de Biomas para a América do Sul para o período 2070-2090, utilizando o modelo de biomas do INPE, com base na projeção de cenários climáticos futuros de 6 modelos climáticos globais utilizados pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) (três painéis no lado esquerdo e três painéis no lado direito). O painel central refere-se aos biomas naturais correspondentes ao clima atual; o painel central superior refere-se ao cálculo da redistribuição média de biomas levando em consideração a média dos 6 casos individuais. As cores correspondem aos diferentes biomas da América do Sul: verde escuro = floresta tropical; rosa = savanas; vermelho = caatinga; amarelo = campos extratropicais; verde claro = florestas decíduas; marrom claro = semi-deserto; marrom escuro = deserto.

Imediatamente, nota-se sensíveis diferenças para as projeções dos diferentes modelos climáticos, resultado do fato que estas projeções, se são mais convergentes quando se trata de aumento de temperatura, não o são com respeito ao ciclo hidrológico: alguns dos modelos projetam diminuição das chuvas na Amazônia, outros não indicam alteração, enquanto um deles chega a projetar aumento das chuvas. Tomando-se uma média destas projeções, constata-se a projeção do aumento da área de savanas na América do Sul Tropical e uma diminuição da área de caatinga no semi-árido do Nordeste do Brasil. As análises acima são feitas num altíssimo nível de agregação ecológica, isto é, ao nível de biomas. O número de estudos sobre a resposta de espécies da flora e da fauna Amazônica e do Cerrado às mudanças climáticas é ainda reduzidíssimo, mas estes indicam que para um aumento de 2 a 3 C na temperatura média até 25% das árvores do cerrado e até cerca de 40% de árvores da Amazônia poderiam desaparecer até o final deste Século.

Em termos simples, o aumento de temperatura induz a uma maior evapotranspiração (soma da evaporação da água à superfície com a transpiração das plantas), reduzindo a quantidade de água no solo, mesmo que as chuvas não diminuam significativamente. Este fator pode por si só desencadear substituição dos biomas existentes hoje por outros mais adaptados a climas com menor disponibilidade hídrica para as plantas. Por exemplo, savanas substituindo florestas, caatinga substituindo savanas, semi-deserto substituindo caatinga). Ao aquecimento global deve-se também levar somar outras alterações que contribuem para criar as condições substituição de biomas. É o caso das alterações da cobertura da vegetação que ocorrem no país a taxas alarmantes como os desmatamentos da floresta tropical amazônica, que, segundo várias projeções, causarão mudanças climáticas regionais em direção a clima mais quente e seco na região. Um terceiro fator de distúrbio é o fogo. A floresta densa amazônica era praticamente impenetrável ao fogo. Mas, devido à combinação da fragmentação florestal, desmatamentos e aquecimento em razão dos próprios desmatamentos e devido ao aquecimento global, aliada a prática agrícola predominante que utiliza fogo intensamente, este quadro está rapidamente mudando e a frequência de incêndios florestais vem crescendo assustadoramente a cada ano. O grande incêndio nas florestas, savanas e campos de Roraima, entre janeiro e março de 1998, é um ilustrativo exemplo do que pode acontecer no futuro com mais frequência. Resultado de uma persistente e intensa seca causada pelo fortíssimo episódio El Niño de 1997-98 e o uso indiscriminado de fogo, mais de 13 mil km² de florestas foram afetadas pelo fogo, talvez no maior incêndio jamais observado na Amazônia.

A combinação sinérgica dos impactos climáticos regionais decorrentes dos desmatamentos, com aqueles resultantes do aquecimento global, implicando em climas mais quentes e possivelmente também mais secos, aliada a maior propensão a incêndios florestais, amplifica tremendamente a vulnerabilidade dos ecossistemas tropicais, favorecendo as espécies mais adaptadas a estas novas condições, e que são tipicamente aquelas de savanas tropicais e subtropicais, naturalmente adaptadas a climas quentes, com longa estação seca e onde o fogo é desempenha papel fundamental em sua ecologia.

3) Impactos das mudanças climáticas na agricultura brasileira

No início dos anos 90, o Ministério da agricultura solicitou ao Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas (IPEA) do Ministério do Desenvolvimento, um estudo que pudesse identificar as principais causas das perdas na agricultura brasileira. Os números indicaram que 95% das perdas eram por seca ou excesso de chuva. A partir dessas indicações e fundamentado nos resultados da pesquisa agropecuária brasileira, foi implantado o Zoneamento Agrícola do Brasil, nome adotado pelos estudos de riscos climáticos que hoje orientam parte da liberação dos crédito agrícola, que se transformam em 95 bilhões de dólares/ano, referentes ao PIB da agricultura brasileira. Na verdade, trata-se de indicações de datas de plantio, para vários tipos de solos, várias culturas em 21 estados do país, atingindo anualmente em torno de 5300 municípios. Essas indicações são baseadas nas análises de sérias históricas de chuva e temperatura que variam de um mínimo de 20 anos de dados diários até as séries mais longas com 100 anos de dados.

Para indicação das datas de plantio, com pelo menos 80% de chance de sucesso (ou seja no máximo 20% de ocorrência de seca ou de excesso de chuvas), são considerados a capacidade de retenção de água nos solos, a profundidade das raízes das plantas cultivadas, a duração do ciclo, a chuva e a variação desse conjunto de variáveis durante o ano. Normalmente no Brasil, entre 85 a 90% dos cultivos chamados de sequeiro ou verão, são feitos no mês de novembro. Na região Nordeste as datas de plantio variam de novembro a junho e no sul do Brasil, de julho a dezembro. Assim as indicações do zoneamento são feitas para cada condição climática de cada município, para as culturas de arroz, feijão, milho, trigo, soja, café, algodão, e mais recentemente, caju, mamona, mandioca e maçã.

O princípio para determinação do risco climático é simples. As áreas de menor risco são aquelas onde não há deficiência hídrica o que garante a germinação e principalmente na fase de floração-enchimento de grãos (fase do ciclo das plantas que define a produtividade das culturas em quilogramas por hectare), o risco de faltar água deve ser inferior à 20%.

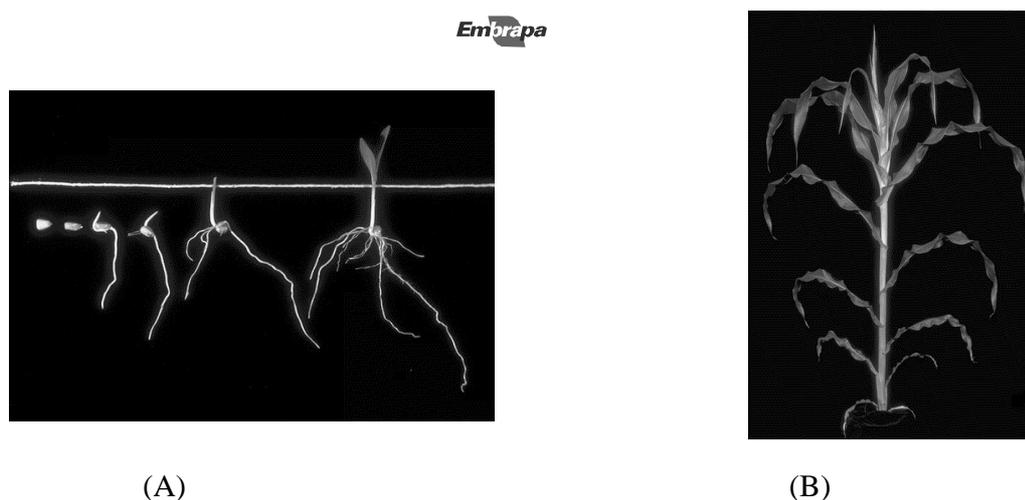


Figura 2. Na fase germinação (A) e no início do período florescimento (B), o risco de faltar água deve ser inferior à 20%. Cultura de milho. Fonte EMBRAPA CNPMS.

Para definir os riscos, são utilizados índices agrometeorológicos determinados no balanço hídrico, calculados a partir da evapotranspiração das culturas, que é a soma entre a transpiração (quantidade total de água perdida de uma superfície coberta com vegetação através da evaporação direta da água que passa principalmente pelas folhas das plantas) da planta e a evaporação do solo (processo físico, dependente de energia, envolvendo uma mudança de estado da água de uma fase líquida para vapor. Também pode ser definida como a quantidade total de água perdida de uma superfície coberta com vegetação através da evaporação direta da água de interceptação e da superfície do solo). Cada planta tem sua condição ótima de consumo de água, regulada pela fotossíntese, que depende diretamente da quantidade de água e da temperatura do ar. Sendo essas condições satisfeitas, é recomendado o plantio.

Por esses critérios é então conhecida a área em que pode-se potencialmente plantar qualquer cultura no território nacional com riscos determinados. A pergunta que se faz, é o que aconteceria com o atual zoneamento agrícola e conseqüentemente com a agricultura, havendo aumento de temperatura nos patamares indicados pelo IPCC, com, um mínimo de 1 C e um máximo de 5,8 C na temperatura média do globo em 100 anos?

A primeira conseqüência é o aumento nas taxas evapotranspirativas, promovendo maior consumo de água das plantas e portanto, esvaziando o reservatório “solo” mais rapidamente. A segunda conseqüência seria a redução do ciclo das culturas, tornando-as mais eficientes em termos de assimilação e transformação energética, porém mais sensíveis à deficiência hídrica. Análise dos impactos do aumento da temperatura e da chuva na agricultura deve então ser feita no tempo e no espaço.

Tomando como exemplo o caso da soja no Brasil, e considerando que a maioria dos plantios é feita entre os meses de outubro a dezembro, os impactos esperados para o aumento de 1, 3 e 5,8 °C são consideráveis. O exemplo da Figura 3 refere-se ao plantio no mês de novembro.

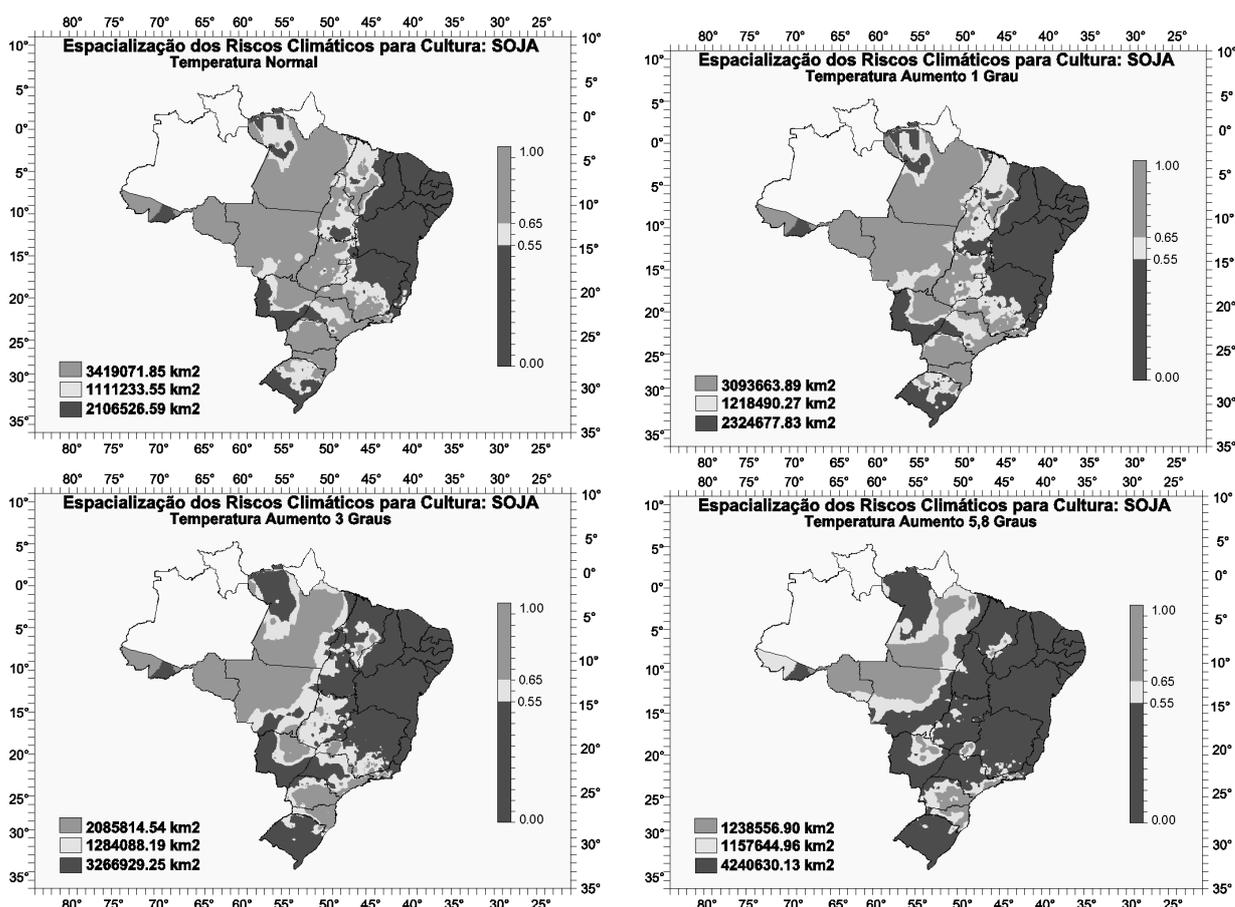


Figura 3. Impacto do aumento da temperatura na áreas potencialmente favoráveis (verde) para cultivo de soja no Brasil. Quanto mais próximo de 1.0 menor o risco de plantio.

No mês de novembro, considerado o de menor risco para o plantio das culturas de sequeiro, há uma redução média de 60% na área favorável para cultivo da soja. Mantido o calendário agrícola atual, a região sul do Brasil sofreria o maior impacto, com forte redução de produção. Por outro lado havendo aumento da temperatura, o calendário de plantio nas altas latitudes tenderá a se deslocar, sendo possível o plantio de soja e milho até o final do mês de janeiro com colheita em junho. No caso das regiões com baixas latitudes, haverá redução de área, sem opções de deslocamento de calendário.

A mesma análise para os três cenários é feita para várias culturas indicando redução na produção e na área plantada.

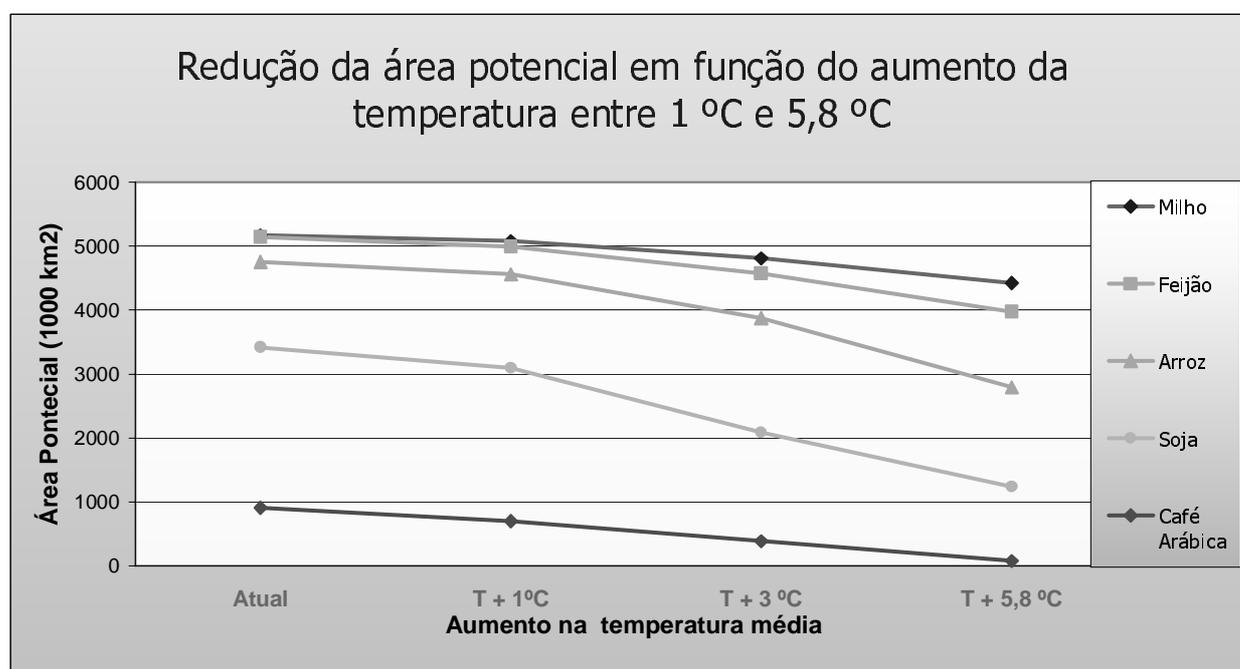


Figura 4. Variação da área potencial de menor risco climático, para cultivo de milho, arroz, feijão, arroz, soja e café arábica. O maior impacto relativo ao aumento de temperatura será para a soja, com redução de até 60% na área potencial de plantio.

No caso específico do café (*coffea arábica*), são considerados os riscos de geada, de abortamento de flores (temperatura maior que 34 C) e deficiência hídrica. O aumento na temperatura reduziria o risco de geada, porém aumentaria os riscos de abortamento de flores. Quanto maior a temperatura, maior será o deslocamento da cultura do café em direção ao sul do País. Estas mesmas considerações são válidas para a cultura de citrus. Considerando os resultados do primeiro cenário, com aumento de 1,0 C, e a redução das áreas cultivadas com café nos estados de Minas Gerais, Paraná e São Paulo o impacto econômico previsto é estimado em US\$ 375 milhões por ano, equivalente à redução de 4 milhões de saca de café/ano.

No caso do milho, considerando somente o Estado de São Paulo, com aumento de 1^oC na temperatura ocorrerá uma perda média de 13% na produção, equivalente a um impacto de 61 milhões de dólares/ano.

As considerações feitas a partir de simulações de riscos climáticos de longo prazo, levam em conta os principais efeitos com possibilidade de mensuração e com reflexos na agricultura, ou seja aumento da temperatura, com observações mais frequentes de dias quentes e ondas de calor; Aumento na temperatura mínima, e observação de eventos de precipitação mais intensos.

A análise dos cenários é feita com intenção de identificar a vulnerabilidade multidimensional do sistema agrícola brasileiro e sua fragilidade diante das mudanças climáticas. É fundamental construir a capacidade de adaptação a mudança global do clima, utilizando “novos princípios” que basicamente seriam: a adoção do princípio da precaução, evitando-se risco de um dano sério e irreversível, mesmo na ausência da completa certeza científica; a adoção do desenvolvimento econômico sustentável, e no caso brasileiro, adotar o comércio de emissões de carbono como base de discussões comerciais.

O potencial de absorção de gases de efeito estufa por sistemas agrícolas é grande e no Brasil, esses sistemas tem escala, como por exemplo o sistema de plantio direto, reflorestamentos e a integração pecuária-lavoura. Somente o incentivo a adoção dessas práticas de maneira integrada, permitem a absorção de 10,55 MtC/ano e aumento da produção agrícola em pelo menos 50% sem haver necessidade de expansão de áreas. Essas medidas mitigadoras devem ser incentivadas para minimizar no curto e médio prazos o aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera.

Mantido o cenário atual, a adaptabilidade das atuais culturas deve ser perseguida nos seguintes aspectos: tolerância ao calor (para todo o Brasil); tolerância à seca (Regiões Sul e Nordeste), manejo de solos buscando aumentar a capacidade de conservação de água. No caso específico da adaptação aos estresses ambientais (tolerância à seca e ao calor), o país tem uma situação ainda privilegiada, que é sua grande biodiversidade. Certamente na biodiversidade dos Cerrados e da Amazônia é que se encontram os genes necessários que permitirão a adaptação das atuais culturas exóticas as mudanças climáticas, mantendo o mesmo nível de produção agrícola, se num horizonte de curto/médio prazo, nós não tratamos de destruí-la.

Considerações Finais

De modo geral, está o Brasil preparado ou se preparando para fazer face às mudanças climáticas que se avizinham caso iniciativas mitigadoras das emissões de GEE não surtam o efeito esperado nas próximas décadas?

Considerando a vulnerabilidade do Brasil à variabilidade e mudanças climáticas, o esforço de aprofundar o conhecimento sobre tal vulnerabilidade e estimar os riscos associados, revelar suas causas setor por setor e subsidiar políticas públicas de mitigação

e de adaptação é completamente aquém de suas necessidades e os exemplos acima de potenciais impactos sobre os ecossistemas amazônicos e sobre a agricultura fornecem a dimensão dos desafios que as mudanças climáticas impõem ao país.

Em particular, quanto à adaptação às mudanças climáticas, nosso estado de preparação é incipiente, causado em parte pelo parco conhecimento sobre o assunto. No lado positivo, esta preocupação é relativamente melhor percebida no setor agrícola brasileiro, o qual já começa a desenvolver programas de pesquisa visando dar respostas às necessidades de adaptação para este setor. É urgente que o setor de C&T do país se dê conta da relevância da questão das mudanças climáticas para o futuro sustentável do Brasil. Vários outros países da América Latina estão mais avançados e dão mais importância ao tema e estamos relativamente atrasados no conhecimento de vulnerabilidades, impactos sociais e riscos às mudanças climáticas. Como amplamente reconhecido em praticamente todos os países industrializados, o aquecimento global nos impõe uma negativa “globalização ambiental”, com fortes deseconomias nos países em desenvolvimento.

Agradecimentos: Colaboraram neste trabalho o Dr. Marcos Oyama, CTA, e o Sr. Gilvan S. de Oliveira, INPE, com relação ao capítulo sobre impactos nos biomas amazônicos, e os Profs. Hilton Silveira Pinto e Jurandir Zullo Junior, UNICAMP, no capítulo sobre impactos na agricultura brasileira.