

**Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados**  
Centro de Documentação e Informação  
Coordenação de Biblioteca  
<http://bd.camara.gov.br>

"Dissemina os documentos digitais de interesse da atividade legislativa e da sociedade."

# Mudanças climáticas e a produção de grãos no Brasil: avaliação dos possíveis impactos



\*1 Eduardo Delgado Assad, engenheiro agrícola, doutor em agroclimatologia, pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária.

\*2 Hilton Silveira Pinto, engenheiro agrônomo, doutor em agroclimatologia, diretor associado do Cepagri/Unicamp.

\*3 Jurandir Zullo Jr., engenheiro agrônomo, doutor em agroclimatologia, diretor do Cepagri/Unicamp.

\*4 Fábio Marin, engenheiro agrônomo, doutor em agroclimatologia, pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária.

\*5 Giampaolo Pellegrino, engenheiro agroflorestal, doutor em agroclimatologia, pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária.

## 1. Introdução

Este documento analisa, a partir dos recentes relatórios do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), quais poderão ser, nos próximos anos, os impactos causados pelas mudanças climáticas na agricultura brasileira e as possibilidades de se minimizarem os efeitos e os prejuízos causados por essas mudanças.

As análises e ponderações apresentadas partem de estudos recentes desenvolvidos pela Embrapa Informática Agropecuária (Campinas-SP) – unidade da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, vinculada ao Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa) – em conjunto com a Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), por meio do Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (Cepagri).

Esses estudos vêm sendo desenvolvidos desde 2001 e se concretizam a partir de pesquisas realizadas em três projetos (CT Hidro – CNPq (2001), Macro Programa 1 – Embrapa (2003) e Zoneamento Agrícola do Brasil – Finep) que utilizaram como condição de contorno os modelos de simulação adotados pelo zoneamento agrícola de riscos climáticos do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Este documento, portanto, analisa os resultados obtidos em cada uma das pesquisas desses três projetos e, a despeito de algumas controvérsias existentes sobre o aquecimento global, permite uma avaliação consistente do futuro da agricultura brasileira.

Finalmente, a partir dessas verificações, objetiva-se fomentar uma discussão sobre quais medidas e ações devem ser postas em prática para reduzir efeitos do aumento da temperatura nas plantas e potencializar a produção agrícola nacional, em face dos cenários considerados pelo IPCC (2007).

## 2. Considerações prévias: definindo perspectivas de análise

Há, ainda hoje, no meio científico algumas incertezas sobre as causas naturais do aquecimento global, podendo ser consideradas como principais:

- Causas de origem astronômica:
  - variação na excentricidade da órbita da terra;
  - variação na inclinação do eixo terrestre;
  - variação na radiação solar;
  
- Causas de origem terrestre:
  - proporção entre oceanos e continentes;
  - atividades vulcânicas;
  - variação no tamanho das calotas polares;
  - composição da atmosfera.

Nesse último caso, os relatórios do IPCC apontam que as atividades antropogênicas têm promovido o aumento da concentração de gases de efeito estufa, como o Dióxido de

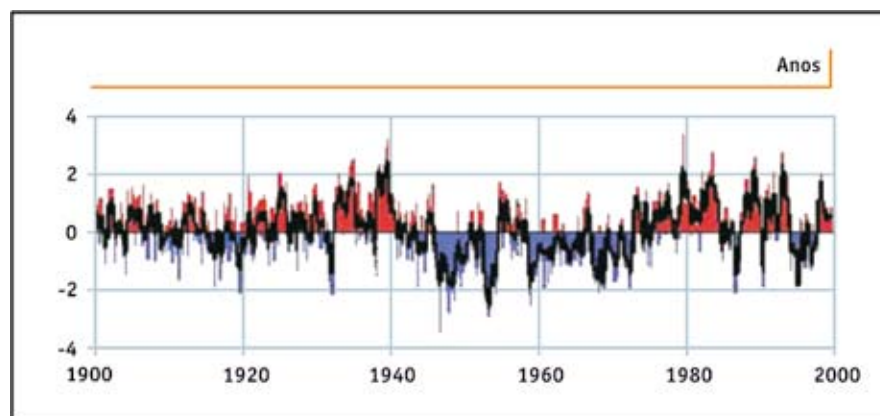
Carbono ( $\text{CO}_2$ ), o Metano ( $\text{CH}_4$ ), o Óxido Nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), o Hexafluoreto de Enxofre ( $\text{SF}_6$ ), o Perfluormetano ( $\text{CF}_4$ ), o Hidrofluorcarbono (HFC) e o Clorofluorcarbono (CFC).

Assim, há um forte componente que atribui o fenômeno a um ciclo natural da terra, em que a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) seria a principal responsável pela alteração da temperatura terrestre. Outro componente atribui o fenômeno a ações antropogênicas diretamente ligadas ao aumento de Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ) e outros gases de efeito estufa (GEE), anteriormente citados.

A fim de justificar, neste documento, a adoção da segunda hipótese, discute-se brevemente a relação entre o movimento natural terrestre e a emissão de gases do efeito estufa.

Estudos realizados por Mantua *et alii* (1997) mostram os índices da ODP de 1900 até agosto de 2004.

**Figura 1. Série temporal do índice da Oscilação Decadal do Pacífico (valores mensais entre janeiro de 1900 e agosto de 2004)**

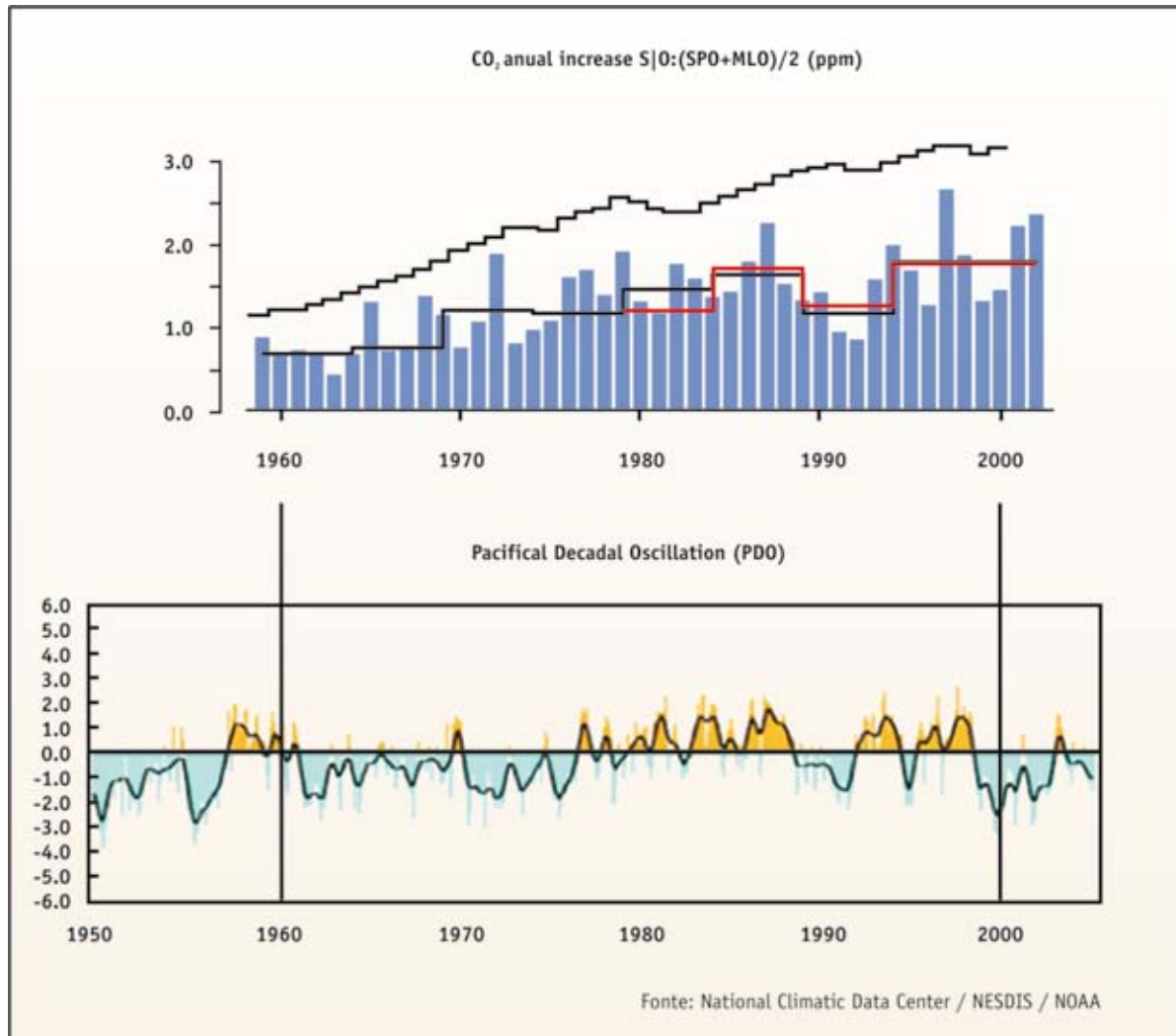


As temperaturas da superfície do Oceano Pacífico apresentam variações semelhantes às registradas pelo *El Niño*, porém com duração maior. Os eventos ODP persistem por um período de vinte a trinta anos e apresentam duas fases: a fase fria, caracterizada por anomalias negativas de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no Pacífico Tropical e, simultaneamente, anomalias positivas de TSM no Pacífico Extratropical em ambos os hemisférios. Como mostra a Figura 1, a última fase fria ocorreu no período 1947-1976. Já a fase quente, que se estendeu de 1977 a 1998, apresenta configuração contrária, com anomalias positivas de TSM no Pacífico Tropical e negativas no Pacífico Extratropical.

Observando as ilustrações abaixo, pode-se afirmar que existem semelhanças entre o movimento da ODP, a emissão de  $\text{CO}_2$  e o aumento de temperatura.

No gráfico abaixo é possível observar, detalhadamente, acompanhando a linha azul, a variação da ODP – positiva em alguns momentos, negativa em outros momentos – e a curva de crescimento de  $\text{CO}_2$ .

**Figura 2. Relação entre a Oscilação Decadal do Pacífico e a concentração anual de CO<sub>2</sub>**



Assim, observa-se que nas regiões apontadas pelo gráfico, as variações de concentração de carbono por ano (Pg C), medidas desde 1965, apresentam forte oscilação, ou seja, sob o aspecto físico constata-se que, dependendo da concentração de carbono, a terra está esquentando ou esfriando.

A posição defendida pelo IPCC (2007), em seu quarto relatório, estima quais seriam as tendências para o comportamento da temperatura nos próximos cem anos, com base em três observações básicas:

- a) a dos desvios de temperaturas com relação à média global da série histórica, resultantes da “amalgamação” de dados de cerca de 3.000 estações climatológicas (90% no hemisfério norte);

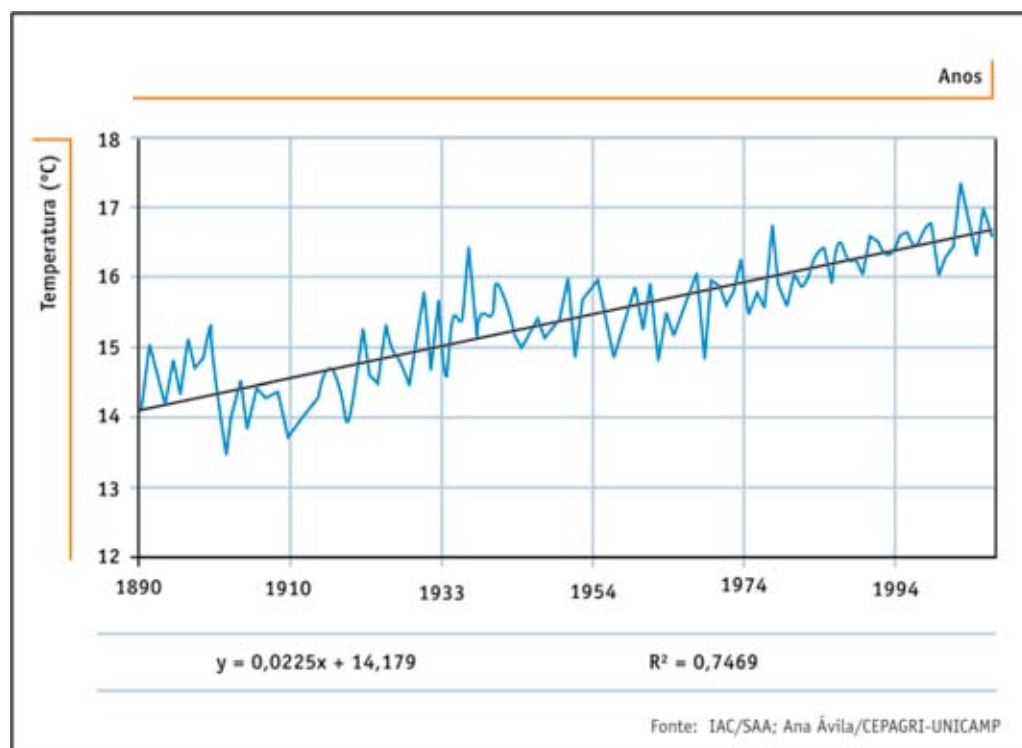
- b) a da série de variação da concentração de CO<sub>2</sub>, posteriormente associada à série dos cilindros de gelo de Vostok;
- c) a dos resultados de simulações feitas com modelos de clima para o dobro da concentração de CO<sub>2</sub>.

A partir dessas observações o IPCC divulgou em seu relatório informações que apontam para um aumento da temperatura média do globo em três cenários: o otimista, com o aumento da temperatura em 1 °C; o mediano, com aumento da temperatura em 3 °C, e o extremo, com aumento de mais de 4 °C. As pesquisas feitas pela Embrapa/Unicamp e os resultados obtidos e divulgados neste documento partem desses indicativos.

### 3. Alguns resultados práticos: apresentação inicial dos dados

A fim de demonstrar como os resultados de cada pesquisa foram alcançados, são apresentados dados relevantes que corroboram os indicativos do IPCC e permitem simular quais seriam os efeitos do aquecimento global na agricultura brasileira.

**Figura 3. Temperaturas médias mínimas observadas na região de Campinas, SP, entre 1890 e 2006. Médias móveis – 5 anos**



Normalmente as simulações são apresentadas tendo como base teórica os estudos do zoneamento de risco climático da agricultura brasileira. (Assad et al, 2001; Pinto et al, 2001).

O zoneamento de risco climático considera a água como fator principal à restrição do desenvolvimento satisfatório da cultura agrícola. Assim, foram estabelecidos índices de satisfação de água na cultura para indicar se uma determinada região é de alto ou baixo risco, e para isso foi preciso analisar dados históricos de precipitação, temperatura e deficiência hídrica no solo para cada município brasileiro. Nesses estudos, portanto, tentou-se verificar de que maneira um aumento de temperatura afetaria o ciclo de uma determinada planta.

Essas considerações e análises passaram então a ser feitas em três etapas. A primeira, que analisa a variação referente a cada ciclo da cultura. A segunda, que se refere à formação das bases de dados agrometeorológicos; e a terceira, referente às fases fenológicas das culturas, ou seja, os períodos em que a planta cresce mais ou menos, quando a água se torna imprescindível. Complementarmente, definem-se os coeficientes de desenvolvimento da planta – quantidade de água consumida em cinco dias – bem como a identificação e quantificação da fase fenológica mais sensível ao *stress* ambiental (deficiência hídrica).

Para a definição das datas de plantio são utilizados os índices integradores, ou seja, os índices de satisfação da necessidade de água (ISNA), calculados a partir da:

- a) relação evapotranspiração real sobre evapotranspiração máxima;
- b) deficiência hídrica e variações de temperatura, que podem ser importantes indicadores para abortamento das flores ou riscos de geada.

Todos estes fatores, no caso do zoneamento de risco climático, são analisados levando-se em conta ainda que dependem direta ou indiretamente da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera.

O zoneamento agrícola aponta em quais situações a planta atingirá sua produção máxima sem sofrer perdas. Uma vez que haja indício de qualquer tipo de penalização na produtividade, estima-se um patamar em que ocorra pelo menos 80% de probabilidade de sucesso na colheita. Caso o patamar aponte para índices abaixo de 80%, não se recomenda plantar aquela cultura naquela região, naquele período e naquele tipo de solo.

Levando-se em conta essa lógica de regionalização agrícola e procurando demonstrar como os estudos simulam os efeitos das mudanças climáticas na agricultura brasileira, apresenta-se a seguir uma série de exemplos que apontam como e quais seriam as possíveis modificações na agricultura nacional frente aos cenários das mudanças climáticas.

### 3.1 Primeiros exemplos

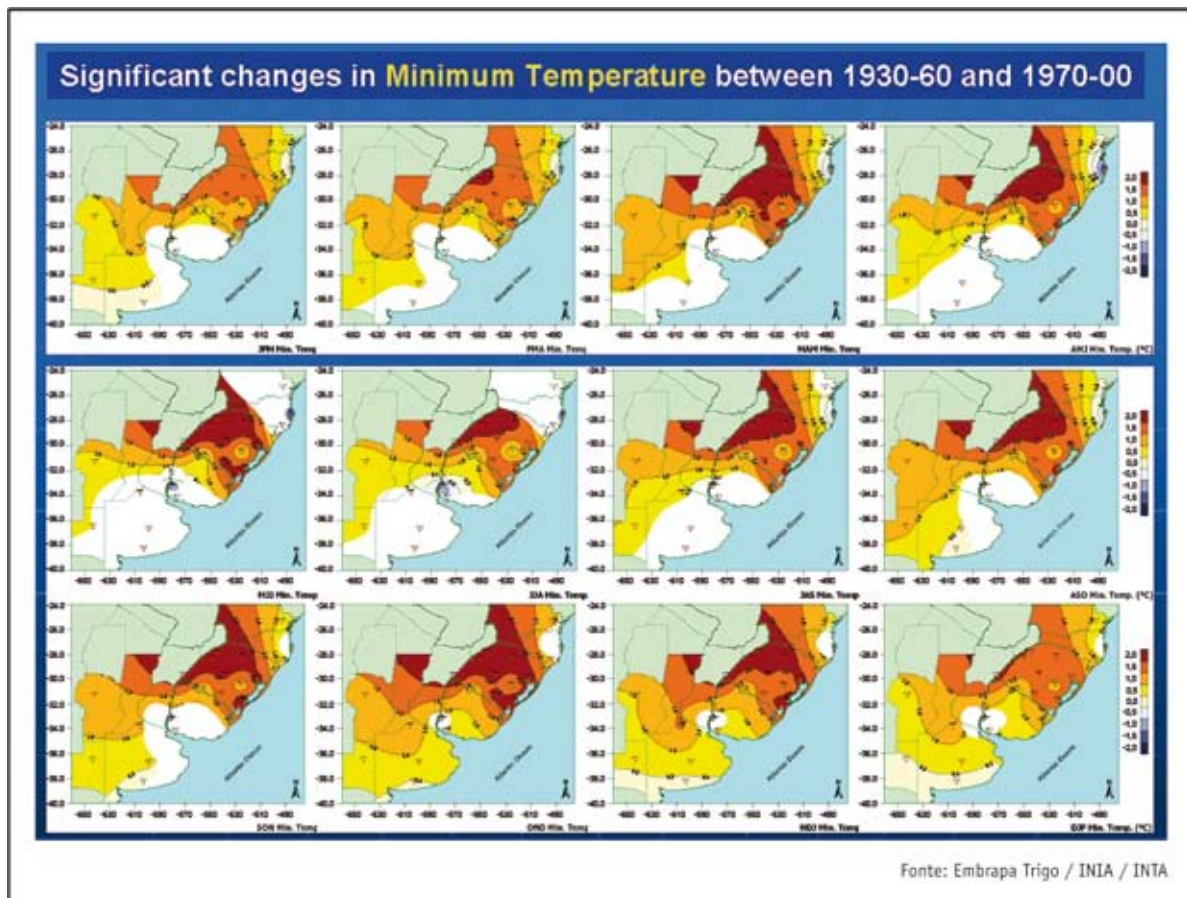
A partir da análise dos dados de temperaturas mínimas observados na estação experimental do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) no período compreendido entre 1890 e 2006, verifica-se a primeira evidência de alteração na temperatura, com um aumento médio de 2,6 °C em 116 anos.

Analisando o impacto desse aumento de temperatura na fisiologia da plantas e no processo de fotossíntese, já seria possível constatar as primeiras conseqüências do aquecimento, com uma redução no ciclo das culturas e conseqüente redução de produtividade.

Resultados de um trabalho conduzido pela Embrapa Trigo, em parceria com o Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA-Uruguai) e o Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA-Argentina), também apontam para um aumento na temperatura mínima.

Neste trabalho analisa-se a anomalia térmica na Região Sul do Brasil, na Argentina e no Uruguai. Os cenários de variação da temperatura mínima foram analisados em duas séries de dados: a primeira, entre 1930 e 1960, e a segunda, entre 1970 e 2000, mostram a variação da temperatura mínima nessas áreas, ocorrida entre esses períodos (Figura 5).

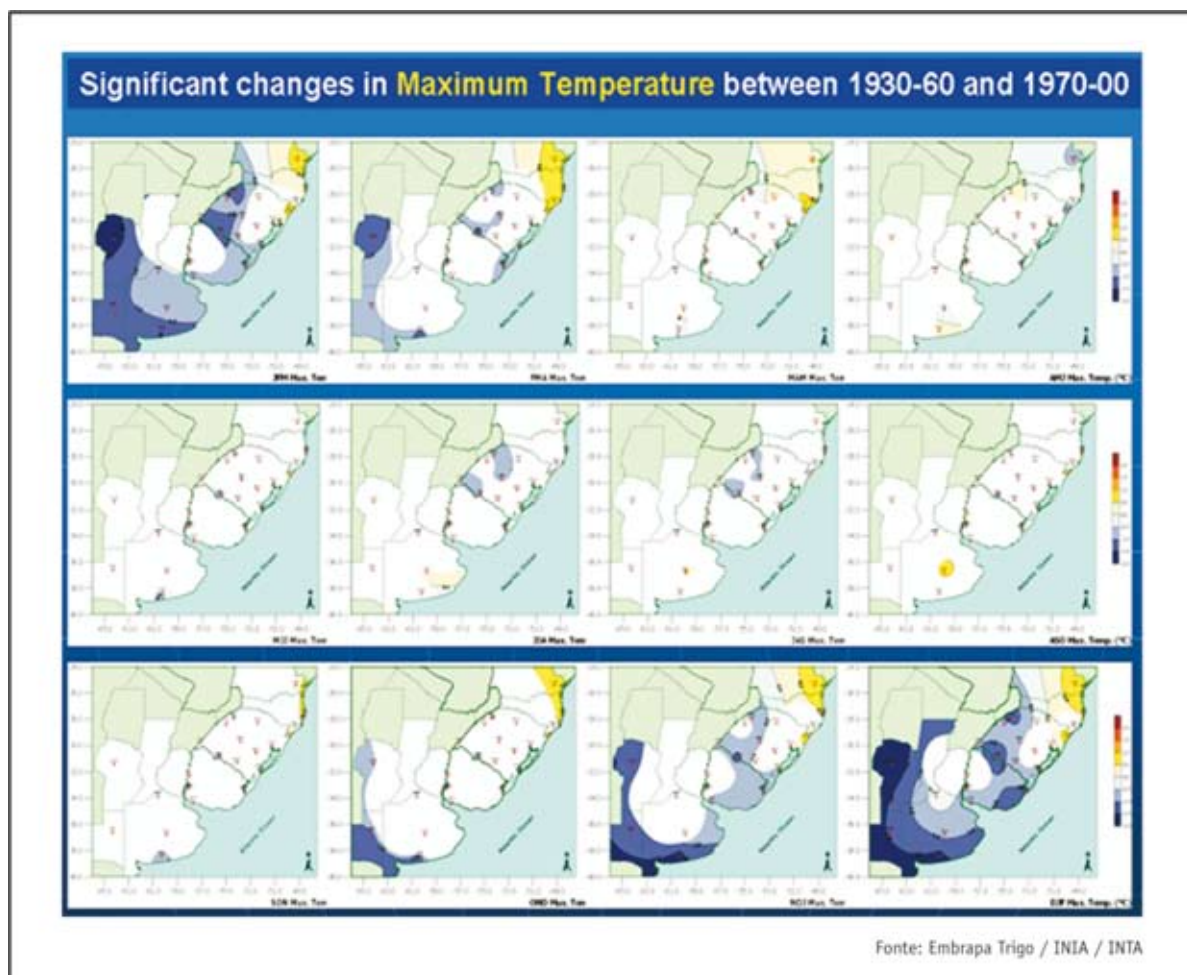
**Figura 4. Mapas mensais mostrando a variação da temperatura média mínima entre os intervalos de tempo entre 1930-1960 e 1970-2000**



O estudo comprova que há uma diferença significativa entre os dados, confirmando que nesses intervalos de trinta anos, em quase toda a Região Sul da América do Sul, ocorreu uma anomalia positiva nas temperaturas em cada mês do ano, chegando em alguns casos até a + 2 °C.

O mesmo tipo de trabalho foi feito para a temperatura máxima média de 1930 a 1960 e de 1970 a 2000, quando não se observou diferença significativa de temperatura, permitindo deduzir que houve uma pequena ou nenhuma variação nesse parâmetro (Figura 6).

**Figura 5. Mapas mensais mostrando a variação da temperatura média máxima entre os intervalos de tempo entre 1930-1960 e 1970-2000**

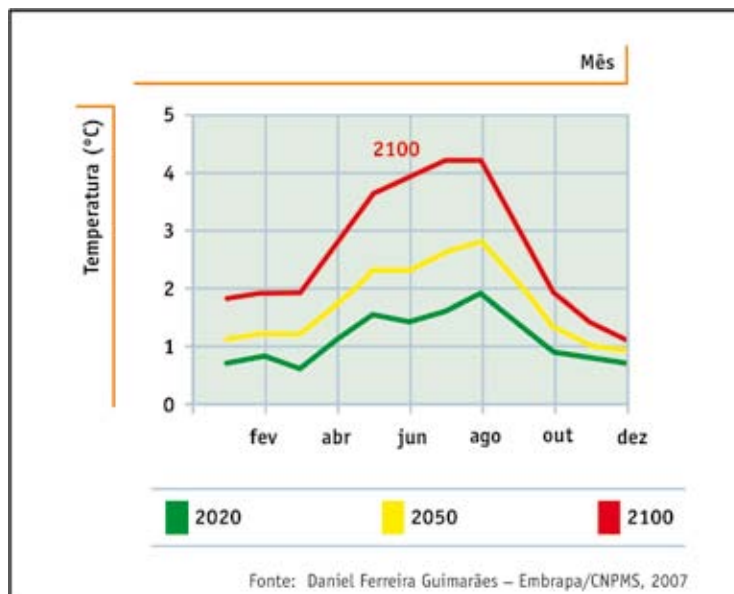


Em estudo realizado na Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas-MG, no Centro-Oeste do Brasil, foi analisada a variação de temperatura, considerando projeções mensais. Essa opção se diferencia das indicações do IPCC, que, apesar de apontarem cenários otimistas (aumento de 1 °C), medianos (3 °C) e pessimistas (aumento de mais de 4 °C), indicam claramente que o aumento se manifestará na média anual e não na média mensal, como mostrado na Figura 7. Analisando-se os dados mês a mês, há uma previsão para 2020

de que não se teria aumento maior que 1 °C de fevereiro a abril, mas esse aumento poderia ser de mais de 1 °C entre agosto e outubro

A mesma análise foi feita para projeções entre 2050 e 2100. Em agosto de 2050 atingir-se-ia um aumento entre 2,5 °C e 3 °C. E em 2100 já haveria aumento de 2 °C entre fevereiro e abril e de 4 °C em junho.

**Figura 6. Projeções para aumento de temperatura mensal em Sete Lagoas-MG**



O gráfico permite avaliar o cenário futuro da agricultura regional, mostrando que um período seco atualmente poderá ser mais seco e mais quente no futuro, o que certamente provocará alteração no comportamento fisiológico das plantas como, por exemplo, a época de floração.

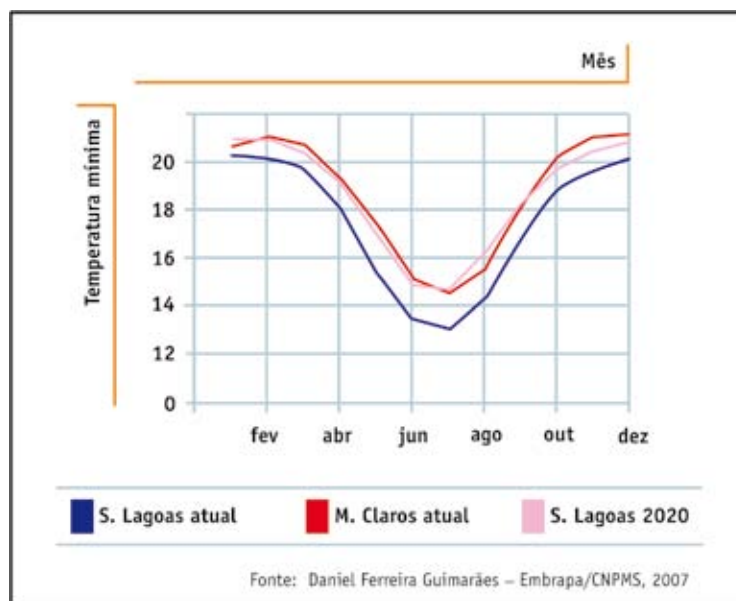
Nas pesquisas desenvolvidas na Embrapa Milho e Sorgo não foram utilizados modelos do IPCC, americanos ou europeus, para fazer as projeções do aumento da temperatura, mas, a partir das análises regionais, foram encontrados valores muito similares àqueles apresentados pelo IPCC.

Em outro estudo é feita a comparação entre as temperaturas mínimas de Sete Lagoas e Montes Claros (477 km de Belo Horizonte em direção NE).

A projeção mostra que nos próximos vinte anos a linha que representa a temperatura em Sete Lagoas (primeiro em azul e depois em rosa) se aproxima da linha que representa Montes Claros (vermelha), que é nitidamente uma região mais quente. Isso influenciará no aumento da evapotranspiração, no aumento da atividade das plantas e possivelmente resultará numa redução do ciclo hidrológico.

Essas novas condições climáticas certamente influenciarão tanto as atividades agrícolas de Sete Lagoas (produção de grãos e celulose) quanto as atividades agropecuárias de Montes Claros, que é tipicamente uma região produtora de carne que tangencia a área do polígono da seca em Minas Gerais.

**Figura 7. Gráfico comparando a temperatura mínima em Sete Lagoas e Montes Claros**



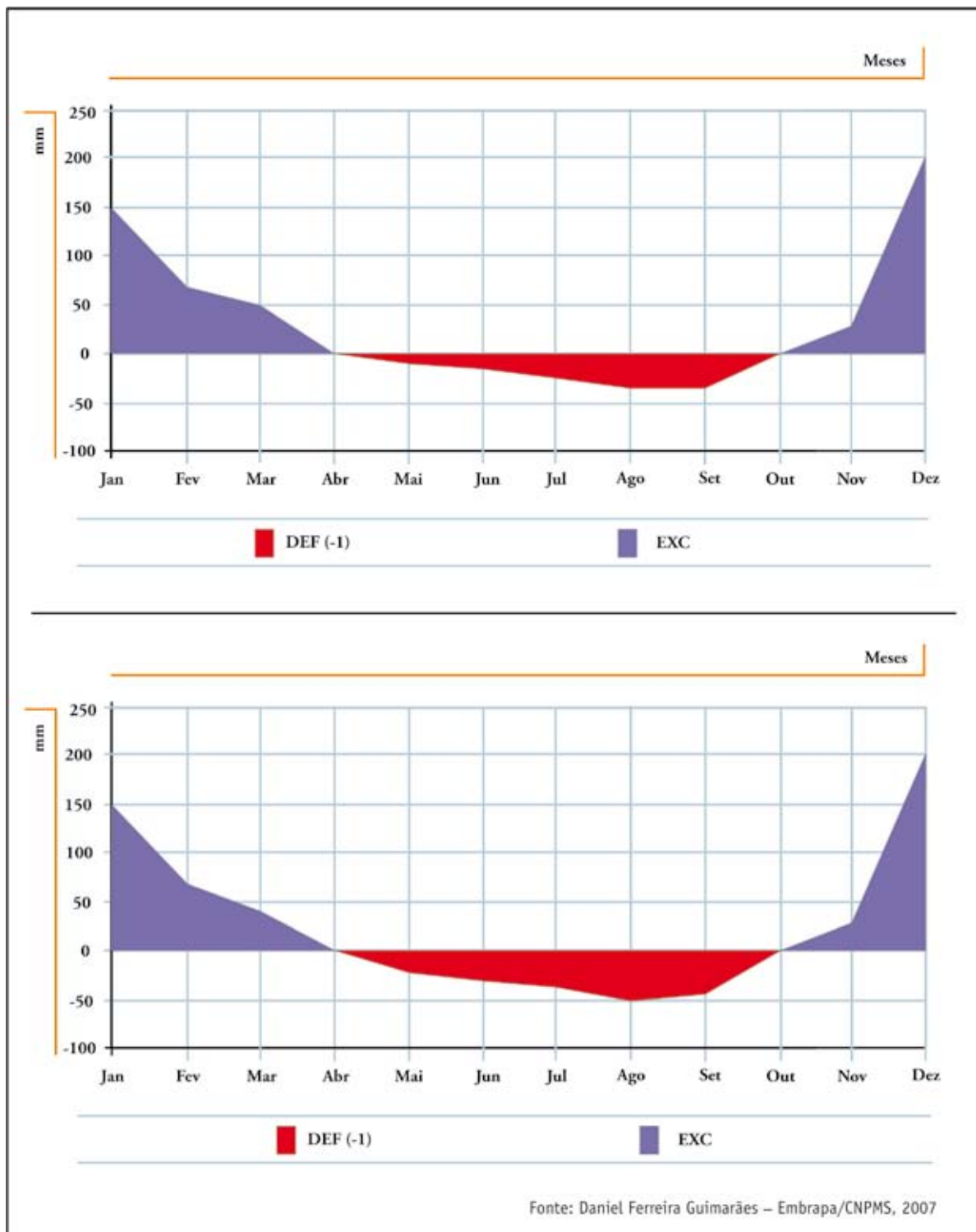
Observando os dados do balanço hídrico mensal é possível traçar novas projeções para os próximos anos. Com o aumento de temperatura haverá alteração na disponibilidade de água de uma determinada região e, em função do aumento da evapotranspiração, a deficiência hídrica aumentará e o excesso de água diminuirá, além de ocorrerem mudanças no ciclo hidrológico na região.

Os gráficos abaixo apontam para esses novos cenários. Atualmente, o período seco ocorre entre maio e setembro, e o início da estação chuvosa ocorre em outubro. A partir das projeções, observando novamente o mês de outubro, início da estação chuvosa, haveria em 2020, com o aumento de temperatura, uma possível redução dos níveis de precipitação, se comparados a 2006.

Para as perspectivas do ano de 2050, os índices pluviométricos seriam ainda menores. E em 2100 já haveria uma alteração importante do balanço hídrico da região, que teria apenas cinco meses com excedente de água no solo.

Nestes casos ilustrativos, o período chuvoso de cinco meses e o período seco de sete meses certamente promoveriam profundas alterações no calendário agrícola da região.

Figura 8. Extrato do balanço hídrico no ano de 2007 e de 2020, respectivamente



### 3.2 Aplicação da lógica do zoneamento agrícola para obtenção de resultados

É possível extrair exemplos de vários outros estudos ou estimativas. Assim, neste trabalho são apresentadas outras análises que, a partir da lógica do zoneamento agrícola, simulam o aumento de temperatura com os conseqüentes impactos na agricultura brasileira.

Existem duas formas de abordagem da questão:

- a) utilizam-se modelos de fisiologia de plantas e descreve-se, num único ponto do espaço, o comportamento dessa planta diante do aumento de  $\text{CO}_2$  e da temperatura; ou
- b) avalia-se a variação espaço-temporal do comportamento das plantas em função da variação do balanço hídrico e da temperatura.

No primeiro caso, os modelos são mecanísticos e dependem de um conjunto de variáveis cuja aquisição é complexa, como radiação líquida, radiação global, velocidade do vento, fluxo de calor no solo, temperatura de solo em várias profundidades, dinâmica de crescimento radicular, índice de área foliar, características genéticas da planta, entre outras. Esses modelos micrometeorológicos auxiliam muito no entendimento das respostas das plantas às variações do ambiente e seus reflexos na produtividade.

No segundo caso, os modelos são estatísticos e considerados como metamodelos, com abrangência regional, e devem ser calibrados pelos modelos micrometeorológicos.

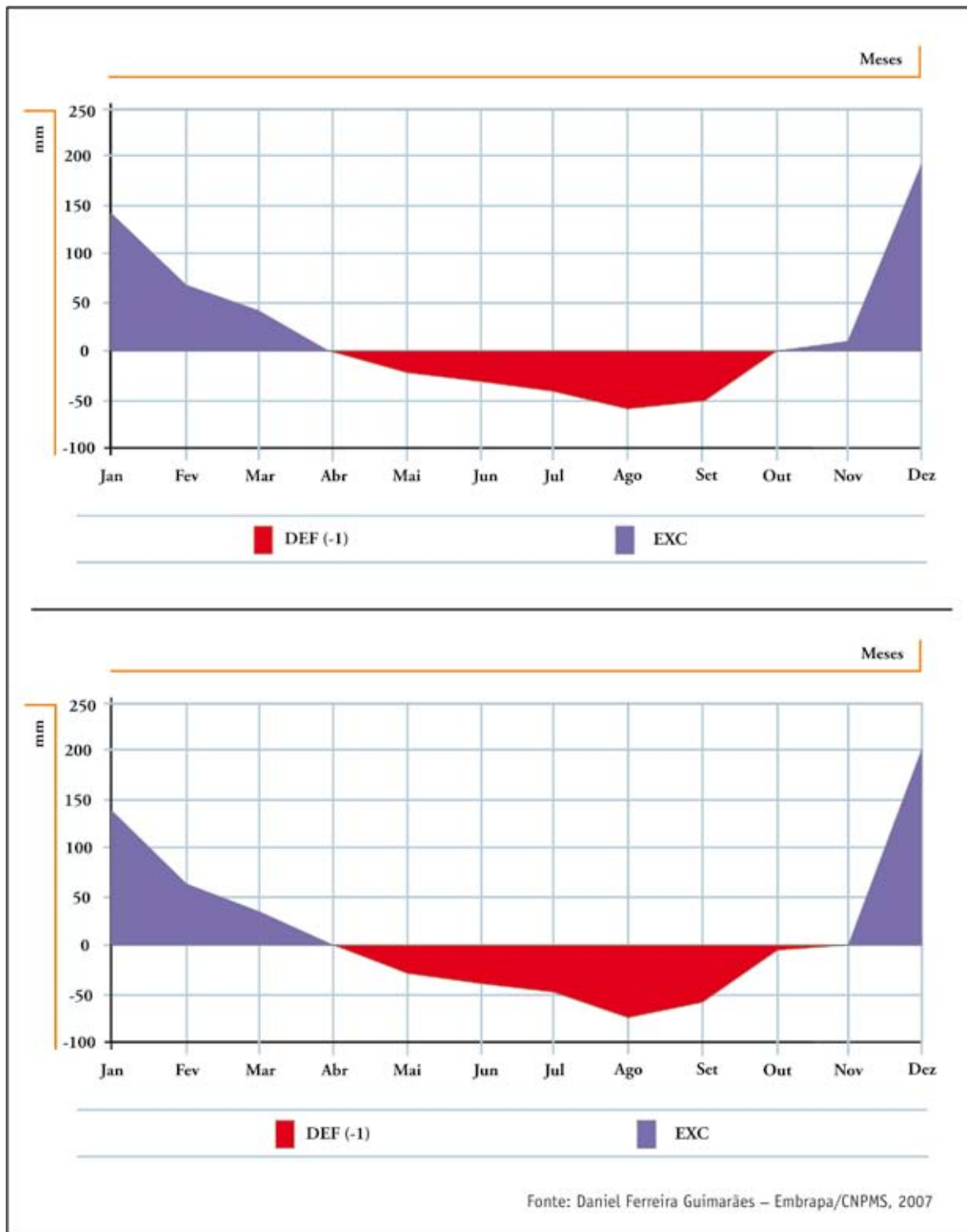
Na verdade, para se chegar ao resultado final são utilizadas ferramentas complexas de cálculo e modelagem espacial que permitem representar, em um único mapa, modelos agrometeorológicos, distribuição de probabilidade, modelos numéricos de terreno e interpoladores fundamentados em geoestatística.

Assim, para uma determinada região, define-se o tipo de solo, o ciclo da cultura, as fases fenológicas da planta e uma data de plantio. A partir dessa data é identificado, após o plantio, qual o período em que não pode faltar água. Nesse período calcula-se para cada dia a fase fenológica crítica, a evapotranspiração real (ETR) e a evapotranspiração máxima (ETM). Ao final da fase calcula-se o valor médio da relação ETR/ETM. Como os cálculos são feitos para cada ano da série de chuva (mínimo de 25 anos), o procedimento é refeito para o ano 1, ano 2, ano 3... ano 25, gerando então 25 valores utilizados no estabelecimento de uma função de probabilidade.

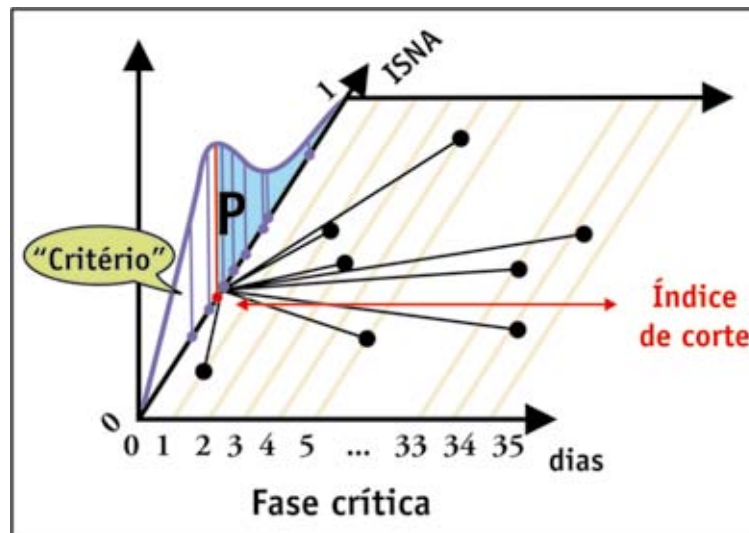
A hipótese será aceita se em 80% dos casos a relação ETR/ETM for maior que um critério que garanta que, para aquela data de plantio, não haverá deficiência hídrica na fase fenológica sensível ao *stress* hídrico. Se a hipótese não for comprovada, desloca-se a data do plantio em dez dias e recomeçam-se os cálculos.



Figura 9. Estimativa do extrato do balanço hídrico no ano de 2050 e de 2100, respectivamente



**Figura 10. Ilustração do processo estatístico para definição das probabilidades de ocorrência de fenômenos meteorológicos danosos à planta, em fases críticas da cultura, e que condicionam o zoneamento de riscos agrícolas**



Esse procedimento é feito para pelo menos três tipos de solos, nove datas de plantio e cinco ciclos de cultura em cada município brasileiro.

Ao final de cada simulação, são gerados valores que são distribuídos em uma base cartográfica e que passam por um processo de interpolação, gerando mapas que indicam áreas de alto, médio e baixo risco às plantas.

Os cenários do IPCC para aumento de temperatura promoverão forte alteração na relação ETR/ETM e, portanto, alteração nas áreas de baixo risco, causando assim um impacto na produção agrícola.

Essas foram as condições de contorno das simulações para a distribuição agrícola futura no país, considerando aumentos de 1 °C, 3 °C e 5,8 °C nas temperaturas médias do Brasil nos próximos cem anos.

A seguir são apresentados os resultados dessas simulações em estudos feitos para as principais culturas nacionais.

#### a) Soja

Nas indicações do zoneamento para a soja plantada em 1º de novembro, o Brasil tem atualmente uma área favorável (verde) para o plantio, com baixo risco, de 3,4 milhões de quilômetros quadrados. A área de risco (vermelho) é visível no Rio Grande do Sul e na borda do Cerrado (sul do Nordeste, indo do Piauí ao sudoeste da Bahia), além do Mato Grosso na região do Pantanal.

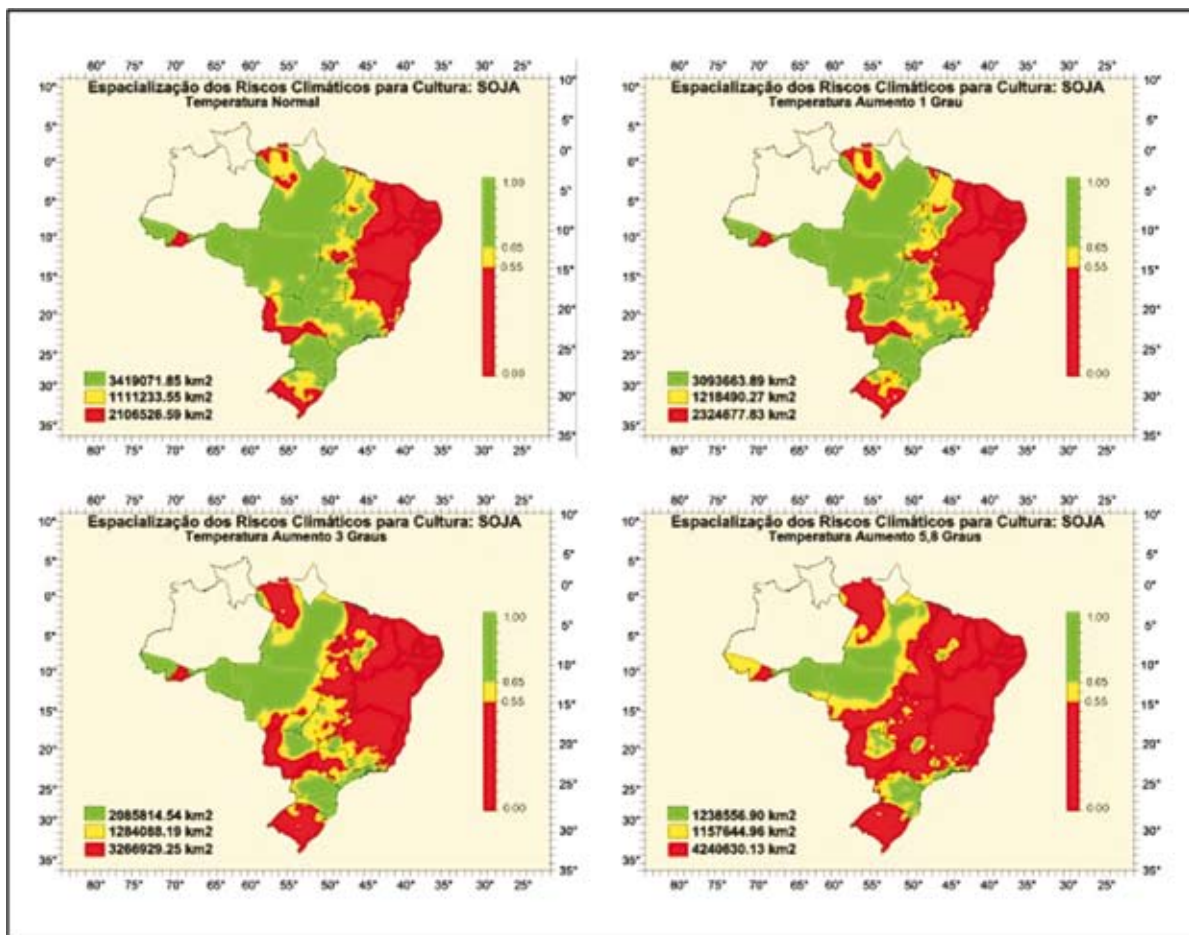
Caso haja aumento de 1 °C na temperatura global, espera-se uma diminuição na área apta atual de 3,4 milhões de quilômetros quadrados para uma área de 3 milhões de quilômetros quadrados.

Nesse cenário e já com fortíssima limitação no sul do Brasil, principalmente no estado do Rio Grande do Sul, haveria também limitação para o plantio no oeste da Bahia.

Com aumento de 3 °C já não haveria mais possibilidade de plantio de soja no Rio Grande do Sul, nem em 50% do estado de São Paulo. Minas Gerais, na área do triângulo mineiro, o leste de Goiás, o estado de Tocantins, o sul do Maranhão e também o estado do Piauí não teriam mais possibilidade de plantio de soja sem riscos.

Com 5,8 °C de aumento da temperatura global, a indicação seria para apenas 1,2 milhão de quilômetros quadrados aptos ao plantio, ou seja, uma redução de 70% na área de baixo risco.

**Figura 11. Áreas propícias ao plantio de soja em novembro, apontando respectivamente condições para temperatura atual, com aumento de 1 °C, de 3 °C e de 5,8 °C**



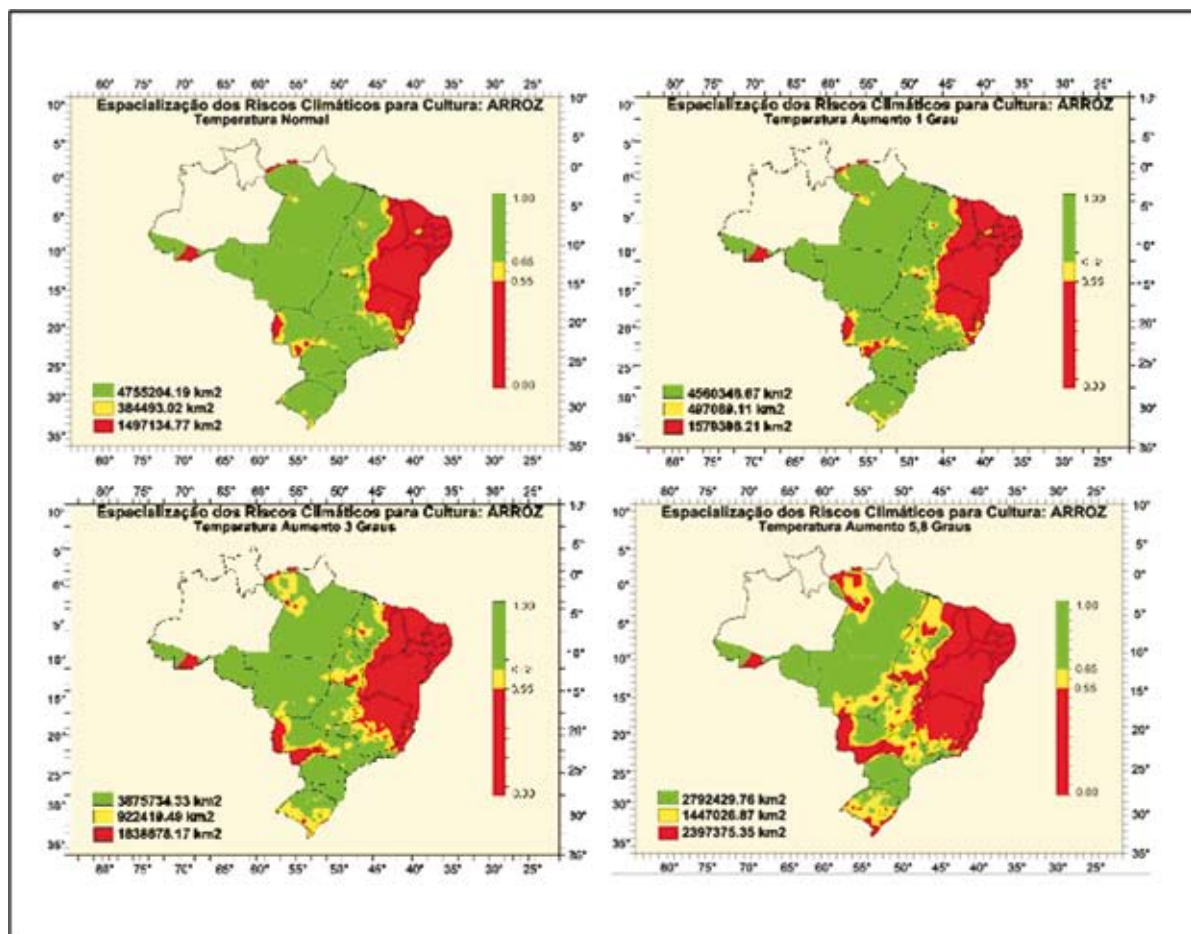
## b) Arroz

As mesmas estimativas de aumento de temperatura para o arroz, que é uma planta mais resistente ao calor, mostram que, atualmente, com a temperatura normal, a área apta ao plantio é de 4,7 milhões de quilômetros quadrados.

Simulando um aumento de 1 °C, essa área diminui para 4,5 milhões de quilômetros quadrados. Com aumento de 3 °C seria possível o plantio de arroz em apenas 3,8 milhões de quilômetros quadrados.

Já com o aumento de 5,8 °C, a área apta ao plantio de arroz estaria reduzida a 2,4 milhões de quilômetros quadrados.

**Figura 12. Áreas propícias ao plantio de arroz, apontando respectivamente condições para temperatura atual, com aumento de 1 °C, de 3 °C e de 5,8 °C**

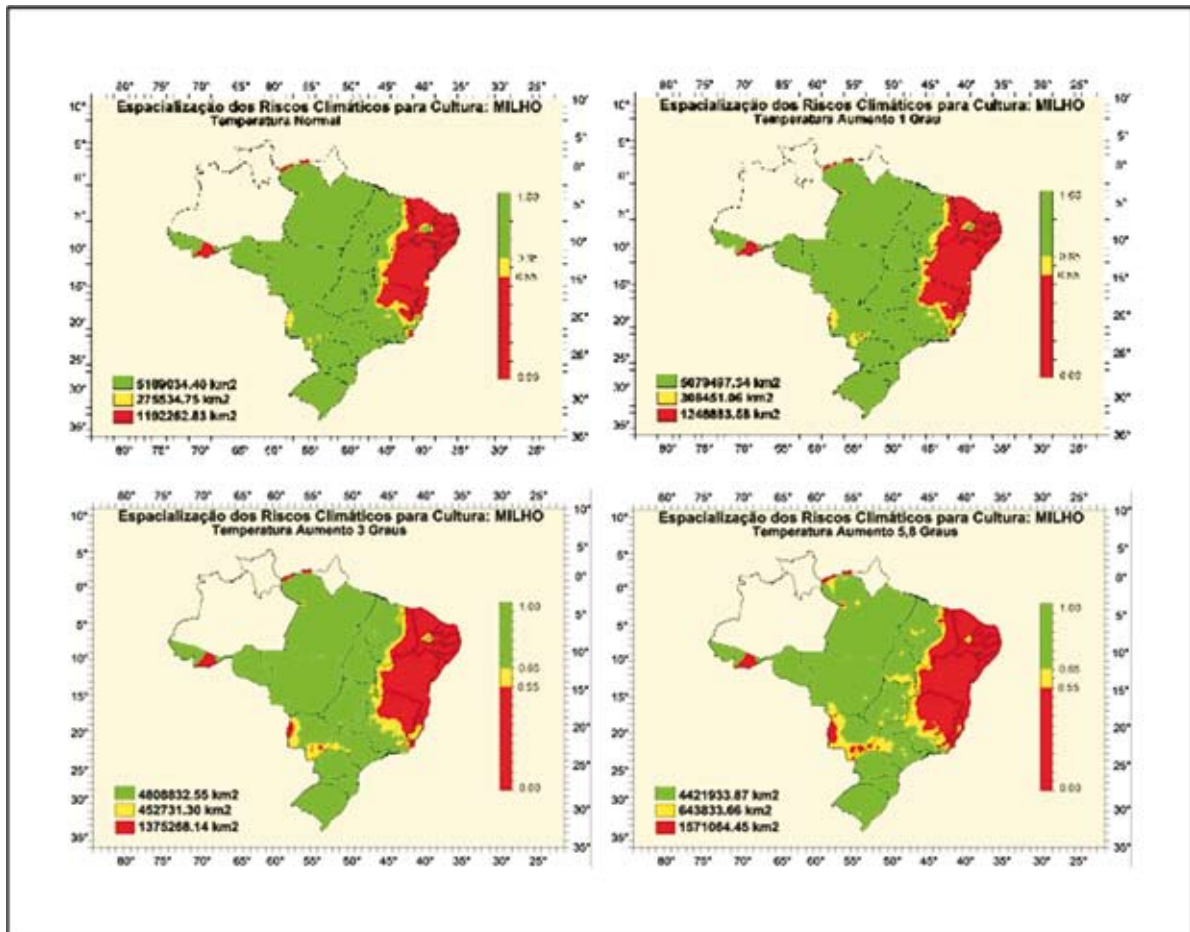


c) Milho

O milho seria uma planta pouco afetada, já que, graças a sua alta resistência e sua condição de planta C4<sup>1</sup>, tolera aumentos de temperatura. No cenário atual há uma potencialidade de 5,1 milhões de quilômetros quadrados aptos para o plantio de baixo risco.

Com aumento de 1 °C, a área apta ao plantio de baixo risco cairia para 5 milhões de quilômetros quadrados. Simulando o aumento de 3 °C, a área se reduziria a 4,8 milhões de quilômetros quadrados. E com aumento de 5,8 °C, a área seria reduzida a 4,4 milhões de quilômetros quadrados aptos para o plantio sem risco.

**Figura 13. Áreas propícias ao plantio de milho, apontando respectivamente condições para temperatura atual, com aumento de 1 °C, de 3 °C e de 5,8 °C**



d) Café

Para o café, uma cultura perene, a abordagem agroclimatológica é diferente da dos grãos. Há uma forte dependência do seu cultivo em função do balanço hídrico, que

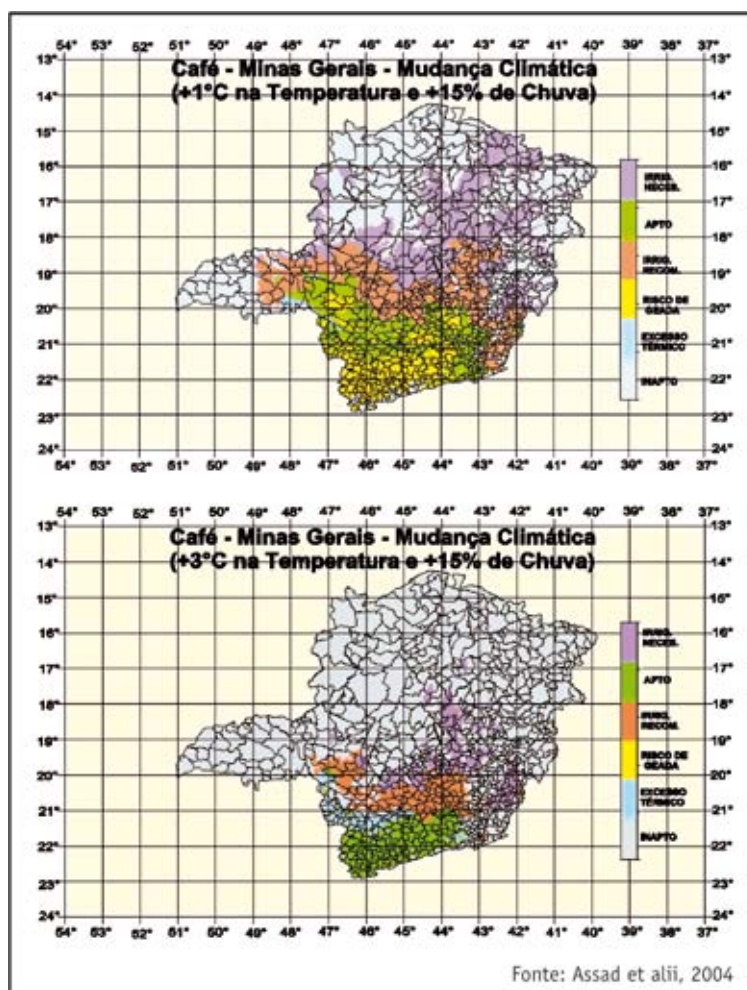
identifica a deficiência de água no solo, e das temperaturas baixas e altas na produção final. Há uma susceptibilidade marcante às geadas, condicionadas por temperaturas mínimas absolutas, enquanto as temperaturas máximas indicam situação favorável para abortamento de flores quando se observam dias sucessivos com temperaturas acima de 34 °C na época de florescimento.

Essas particularidades e as chances dessas situações ocorrerem regem a lógica utilizada para prever o impacto da variação de temperatura na produção do café.

As ilustrações abaixo mostram dados relativos ao zoneamento agrícola do café em Minas Gerais, elaborados pela Universidade Federal de Viçosa. No estudo foi aplicada uma variação de temperatura de 3 °C ou 4 °C.

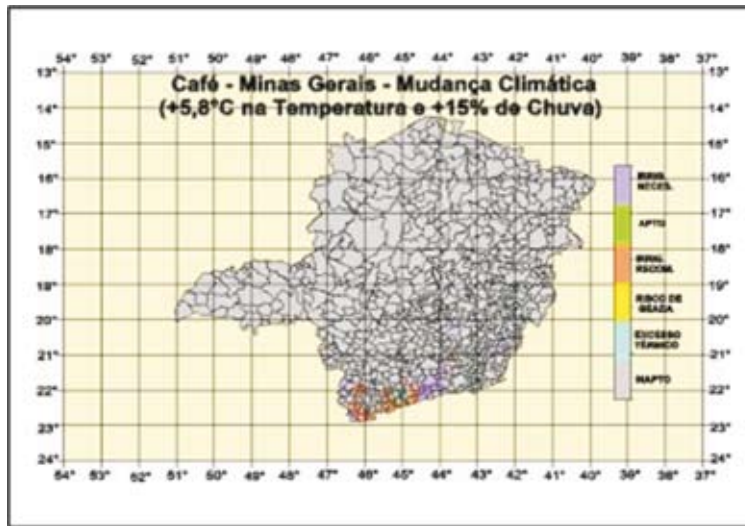
No cenário otimista, grande parte do norte e do leste mineiro seriam inaptos ao plantio. A transposição dessa estimativa para o cenário nacional, com aumento de 1 °C na temperatura, mostra que já haveria um impacto de cerca de 500 milhões de dólares em termos de produção bruta de café. Com aumento de 3 °C, a redução seria ainda mais drástica, e o café ficaria confinado a alguns municípios do sul de Minas.

**Figura 14. Mapa apontando as áreas mineiras aptas ao plantio de café, com aumento de 1 °C e 3 °C**



O cenário de aumento de 5,8 °C na temperatura global mostra que a cafeicultura já não se adaptaria mais às condições climáticas de Minas Gerais.

**Figura 15. Mapa apontando as áreas mineiras aptas ao plantio de café, com aumento de 5,8 °C**



A tabela a seguir mostra numericamente os cenários para a produção de grãos no país em função do aquecimento global.

**Tabela 1 – Comportamento de diversas culturas agrícolas nacionais frente ao aumento progressivo da temperatura**

Cultura	Área Potencial Atual (km <sup>2</sup> )	Área após T+1°C (km <sup>2</sup> )	Área após T+3°C (km <sup>2</sup> )	Área após T+5,8°C (km <sup>2</sup> )	Redução de Área (%)	Produção Atual e Futura
Arroz	4,755,204	4,560,347	3,875,734	2,792,430	41	13 k tons 7.7 k tons
Feijão	5,141,047	4,992,366	4,575,250	3,972,723	23	2.8 k tons 2.2 k tons
Soja	3,419,072	3,093,664	2,085,815	1,238,557	64	60 k tons 22 k tons
Milho	5,169,034	5,079,497	4,808,833	4,421,934	15	39 k tons 33 k tons
Café Arábica	904,971	698,720	381,414	73,915	92	30 k bags 2.4 k bag
Popul. Brasil	165 k 2000	190 k 2020	300 k 2050	400 k 2100		

Todas essas previsões só ocorrerão se forem mantidas as características genéticas das cultivares existentes atualmente. Se nada for feito na área de melhoramento genético, se não houver uma conscientização de que está havendo um real aumento de temperatura e se não houver um esforço científico para encontrar soluções que minimizem os efeitos do aumento da temperatura nas plantas e animais, provavelmente haverá um forte impacto no agronegócio brasileiro. O presente estudo não considerou ainda casos de substituição de culturas menos tolerantes ao calor por outras culturas mais tolerantes, nas mesmas áreas. Caso típico é a possibilidade de migração do café arábica para o sul do Brasil ou para regiões de maiores altitudes, substituindo culturas de clima temperado, mas sendo substituído pela espécie robusta, tolerante a altas temperaturas, ou mesmo pela seringueira ou cana-de-açúcar.

#### 4. Soluções para controle, mitigação, e adaptabilidade: o que a agrossilvicultura pode fazer?

A partir de todos os panoramas analisados e aqui apresentados, percebe-se que os efeitos do aquecimento global poderão ter forte efeito na produção agrícola nacional. Assim, é possível, desde já, propor soluções que controlem e/ou mitiguem esses efeitos. Basicamente a minimização das conseqüências depende de três frentes de ação:

- a) redução de emissão dos gases do efeito estufa (GEE);
- b) mitigação; e
- c) incremento de pesquisa em biotecnologia.

O Brasil ocupa atualmente a quarta posição no *ranking* de emissores de gases do efeito estufa no mundo, sendo o desmatamento e as queimadas responsáveis por 75% dessa emissão.

Neste sentido, o Brasil tem vantagens em relação a outros países emissores de GEE, principalmente às nações desenvolvidas que não conseguem reduzir essas emissões eficientemente. Políticas públicas incentivando a redução de queimadas e do desmatamento promoveriam uma diminuição drástica na taxa de emissão de GEE. Uma vez reduzidas as queimadas e o desmatamento, o Brasil migraria da quarta posição para a décima oitava ou décima nona, em termos de emissão de GEE.

Além da redução das queimadas, o segundo aspecto é a mitigação. Investir em sistemas agrícolas mais eficientes auxilia a limpeza da atmosfera. Equivocadamente, existem críticas, em relação à agricultura, alegando que essa atividade contribui para aumentar o aquecimento global.

Com áreas extensas cultivadas por sistemas mais eficientes e limpos é possível seqüestrar o carbono da atmosfera de maneira eficaz.

Por fim, o terceiro aspecto prevê o trabalho com adaptação de espécies, investindo, para isso, em biotecnologia. Com esses investimentos e a biotecnologia, haveria a garantia de que diferentes cultivares se adaptariam às condições resultantes do aquecimento global.

## 5. Considerações finais e novas possibilidades de diálogo



A partir do conteúdo apresentado neste documento, a idéia central que deve permanecer é a iminência dos efeitos causados pelo aquecimento global na agricultura do país. Tanto pesquisas realizadas pelo IPCC quanto prognósticos alcançados por várias pesquisas em instituições brasileiras apontam para uma mudança inequívoca na temperatura do planeta. Os níveis de incertezas foram minimizados, de acordo com o último relatório do Painel Intergovernamental.

O importante é que se torna possível reduzir efeitos e encontrar soluções. Há tempo e tecnologia suficientes para isso, sendo preciso desenvolver políticas públicas adequadas e investir mais em pesquisas que permitam atender a já citada demanda.

É preciso, todavia, promover uma mudança cultural para que cada vez mais questões anteriormente desconsideradas ou não-priorizadas passem a ser discutidas de forma séria e responsável. Tudo pode ser feito de forma racional, seja com a redução de queimadas e desmatamento, seja com a mitigação pela utilização de sistemas agrícolas limpos, seja pelo desenvolvimento de medidas de adaptabilidade.

A agricultura brasileira hoje é uma das poucas atividades econômicas que tem condições de, nos próximos anos, apresentar soluções para reverter o quadro da emissão de gases do efeito estufa no território nacional e, conseqüentemente, transferir essas tecnologias para os outros países que tenham condições climáticas similares às do Brasil.

## 6. Agradecimentos

Os autores agradecem à lingüista Roberta Roque Baradel o auxílio na organização, redação e revisão deste texto.

## 7. Nota

1 Plantas C4 produzem como primeiro produto da fotossíntese o ácido oxalacético, rapidamente reduzido a ácido málico e ácido aspártico, ambos com 4 carbonos.

## 8. Referências bibliográficas

ASSAD, E. D.; EVANGELISTA, B. A.; SILVA, F. A. M. da; CUNHA, S. A. R. da; ALVES, E. R.; LOPES, T. S. de S.; PINTO, H. S.; ZULLO Jr., J. Zoneamento agroclimático para a cultura de café (*Coffea arabica* L.) no estado de Goiás e sudoeste do estado da Bahia. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Passo Fundo, v. 9, n. 3 (Nº Especial: Zoneamento Agrícola), p. 519-526, 2001.

ASSAD, E. D., PINTO, H. S., ZULLO Jr., J.; ÁVILA, A. M. H. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café (*coffea arabica*) no Brasil. *PAB*, Brasília, v. 39, n. 11:1057-1064. Nov. 2004.

CHRISTY, J and R. SPENCER, 2004. MSU Globally Averaged Atmospheric Temperature, Global Warming Debate continues. Available at <http://www.ghcc.msfc.nasa.gov/MSU/msusci.html>

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC (2001a) Working Group I. Third Assessment Report. Summary for Policymakers. WMO, 17 p. Available at [http://www.meto.gov.uk/sec5/CR\\_div/ipcc/wg1/WG1-SPM.pdf](http://www.meto.gov.uk/sec5/CR_div/ipcc/wg1/WG1-SPM.pdf).

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC (2001b) Climate change 2001: Impacts, adaptation and vulnerability. Working Group II. TAR: Summary for Policymakers. Available at [http://www.meto.gov.uk/sec5/CR\\_div/ipcc/wg1/WG1-SPM.pdf](http://www.meto.gov.uk/sec5/CR_div/ipcc/wg1/WG1-SPM.pdf)

MANTUA, N. J., S. R. HARE, Y. ZHANG, J. M. WALLACE, and R. C. FRANCIS 1997: A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78, p. 1069-1079

PINTO, H. S.; ZULLO Jr., J.; ASSAD, E. D.; BRUNINI, O.; ALFONSI, R. R.; CORAL, G. Zoneamento de riscos climáticos para a cafeicultura no estado de São Paulo, *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Passo Fundo, v. 9, n. 3, p. 495-500, 2001.