



Mudanças Climáticas: Impactos na Irrigação

Dr. Richard G. Allen

Professor of Water Resources Engineering

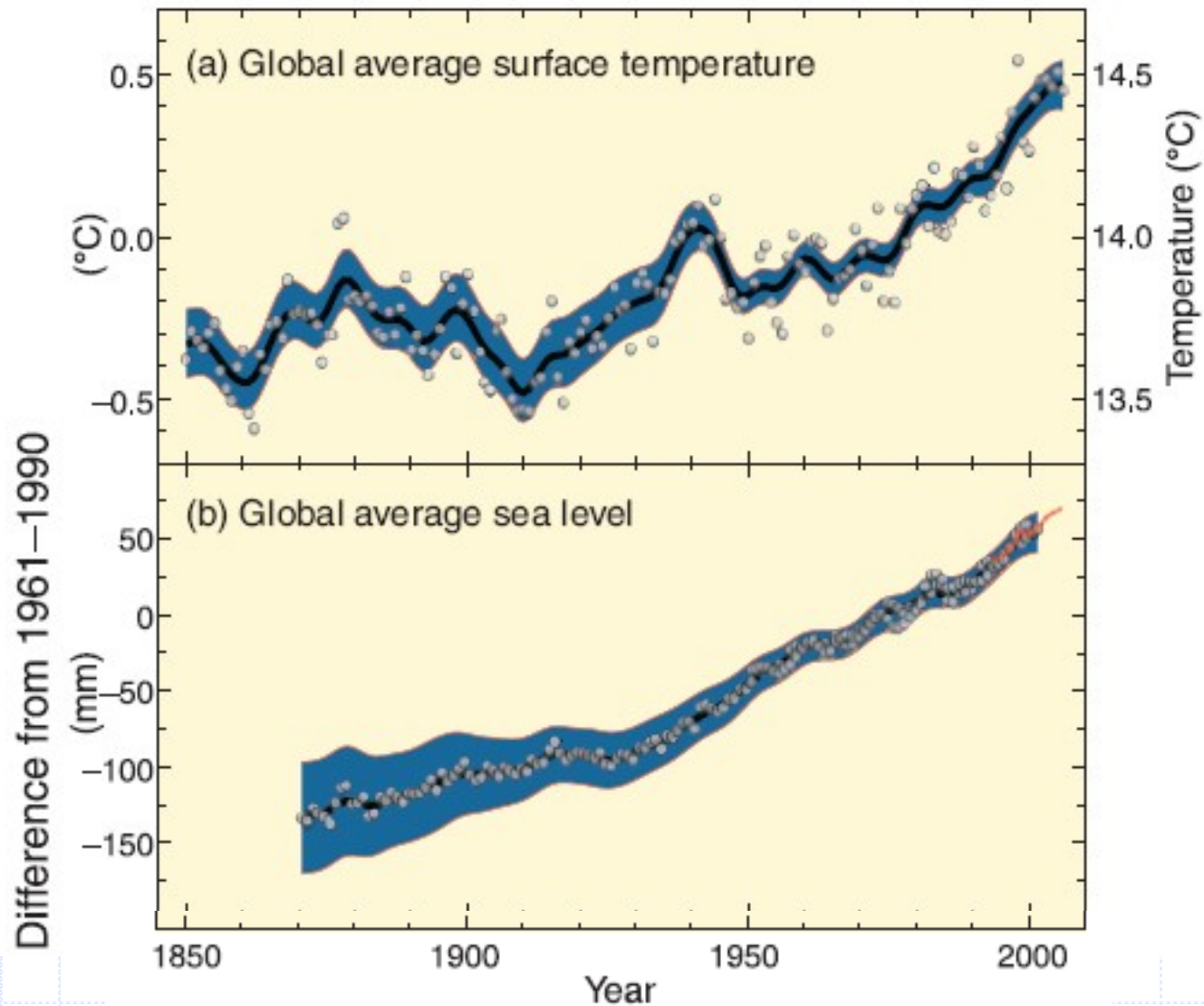
University of Idaho, Kimberly, Idaho

Tradução por Dr. Aureo Oliveira, Univ. Fed. do Recôncavo da Bahia

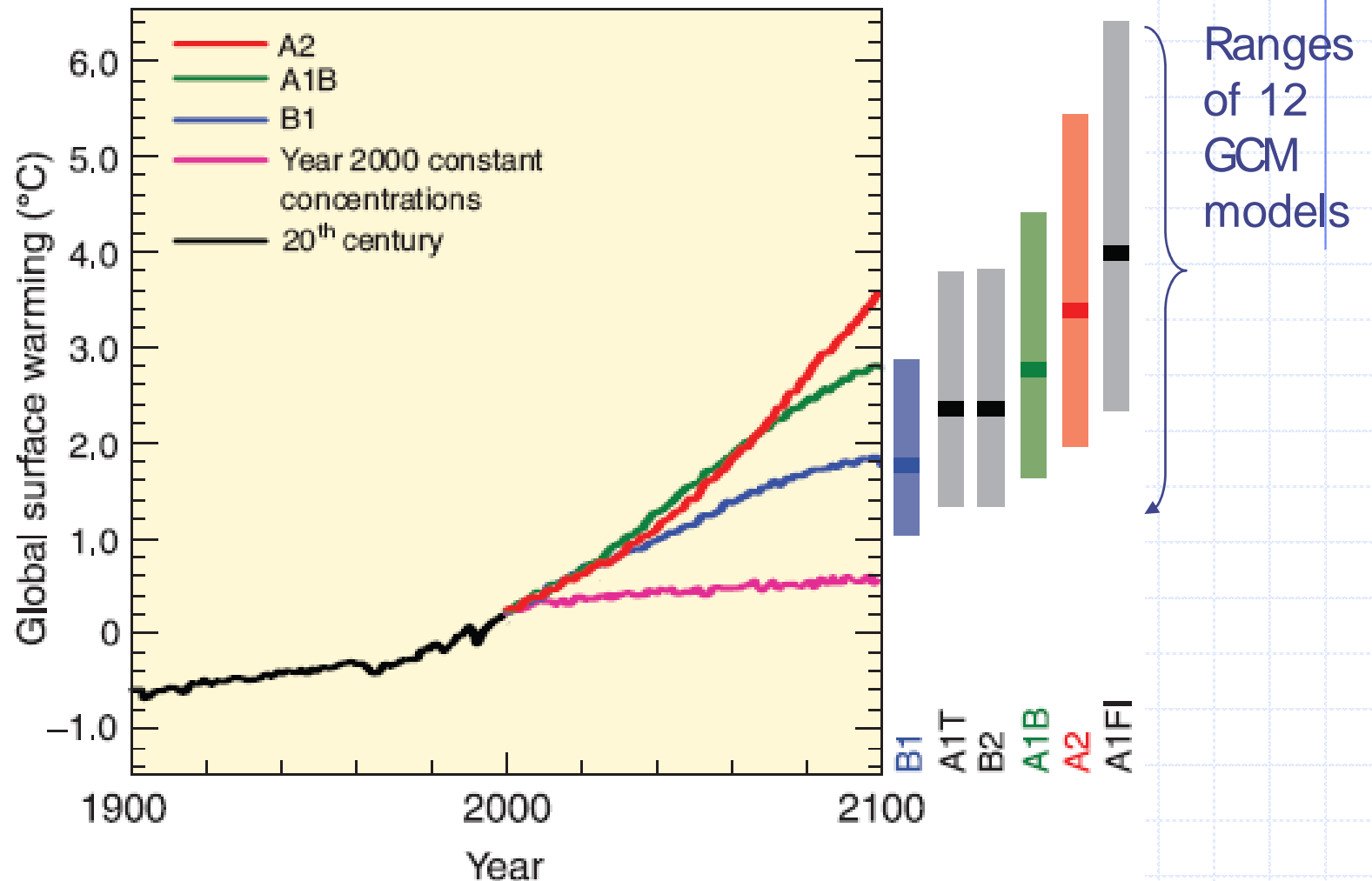


University of Idaho

Prognósticos de Mudança Climática Global



Prognósticos de Mudança Climática Global



A1B = very rapid economic growth, balanced fuel sources

A2 = high population growth, slow economic development and slow technological change

B1 = rapid changes toward a service and information economy

Prognósticos de Mudança Climática Global

Precipitation change – 2080 to 2099 from 1980 to 1999

June - August

December - February

Figure 3. Projected precipitation changes between 1980-1999 and 2080-2099 for the Northern Hemisphere summer (June-July-August) (energy-conserving scenario of greenhouse gas emissions -- IPCC 2007a).

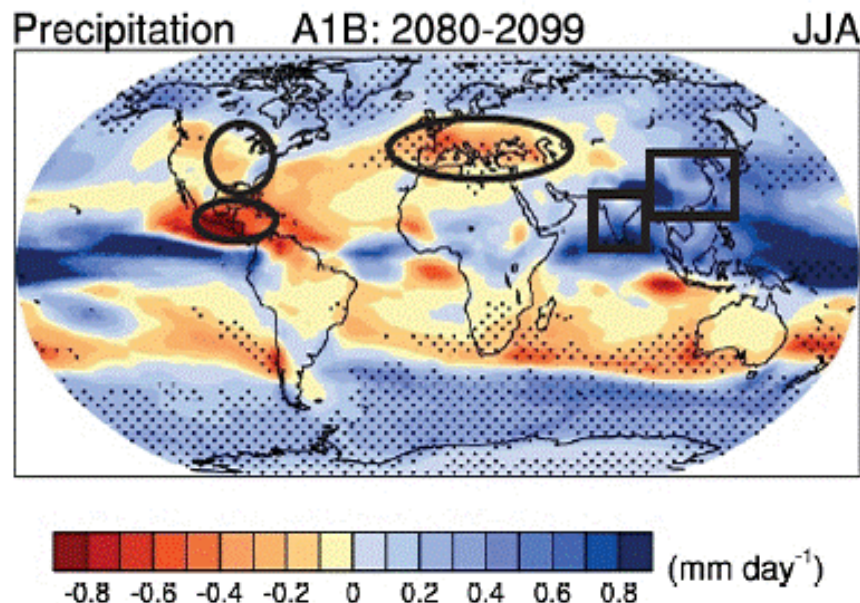
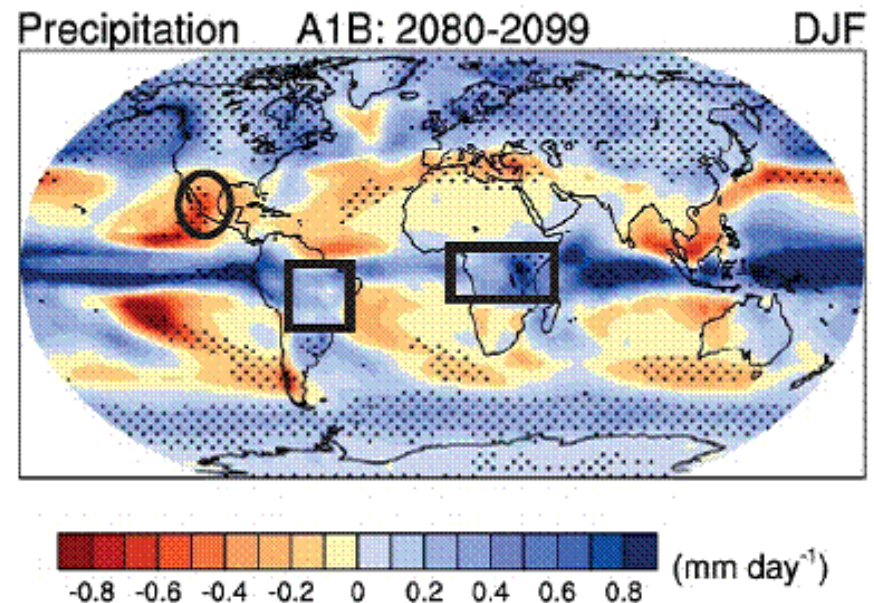
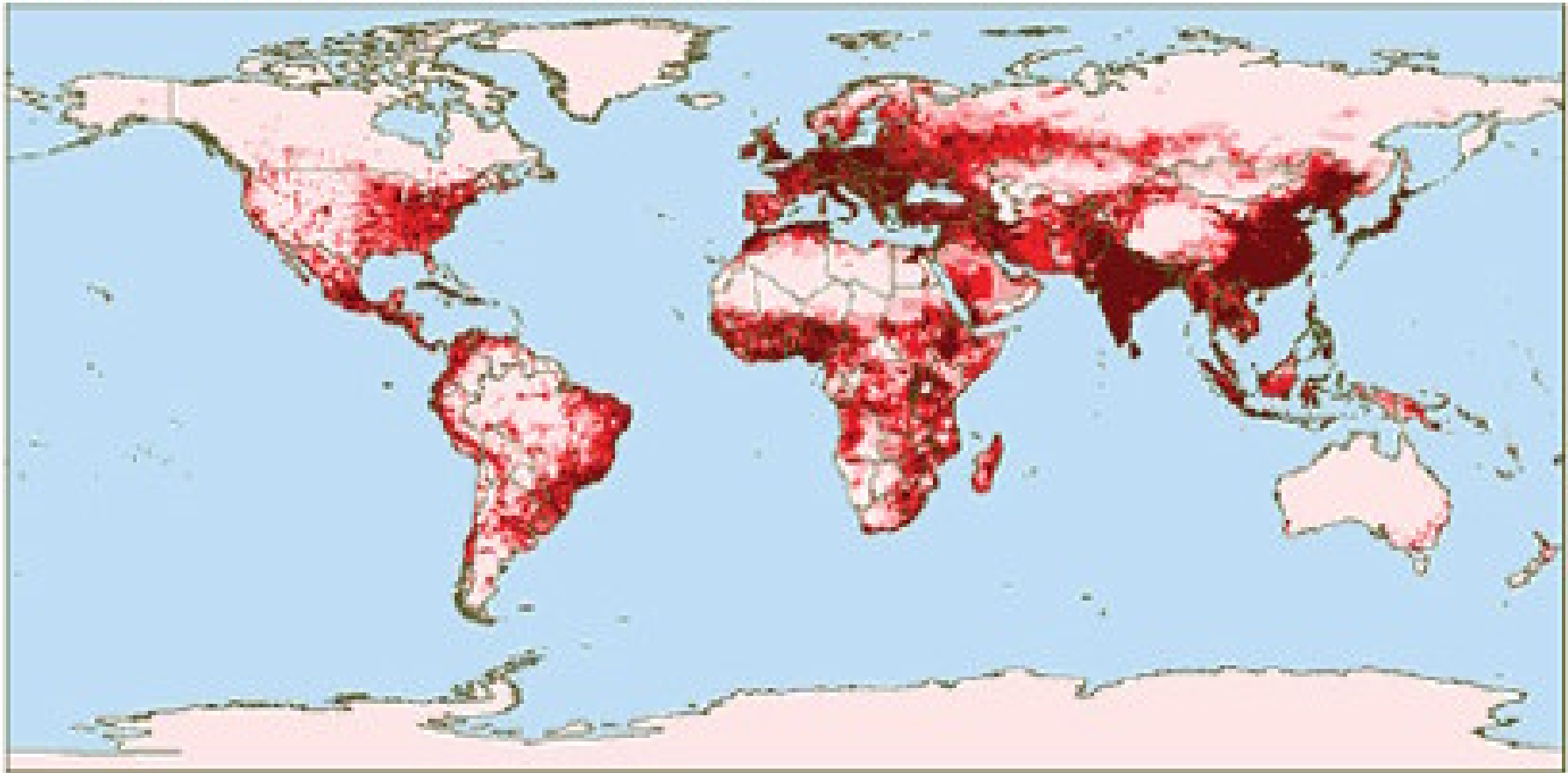


Figure 4. Projected precipitation changes between 1980-1999 and 2080-2099 for the Southern Hemisphere summer (December-January-February) (energy-conserving scenario of greenhouse gas emissions -- IPCC 2007a).



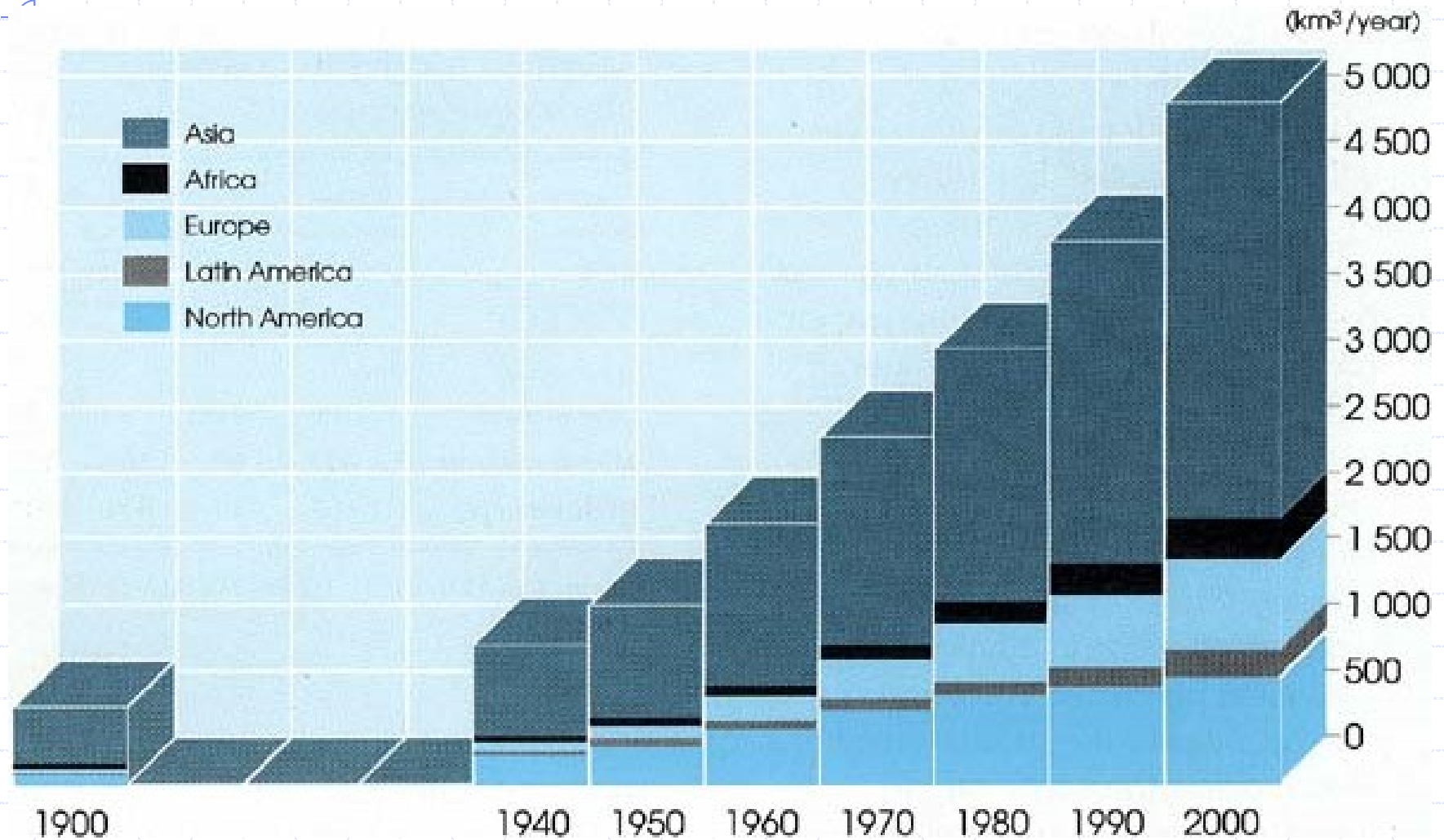
Populações as vezes estão onde a água não está.

Figure 2. World Population Distribution



Portanto: Irrigação é necessária e escassez hídrica existe.

Consumo global de água ainda está aumentando



www.fao.org/docrep/003/T0800E/t0800e0a.htm

Projeções do UN IPCC sobre Recursos Hídricos

In 2003, the U.N. World Water Development Report concluded that ***“em termos globais, as mudanças climáticas responderão por aproximadamente 20 por cento do aumento da escassez hídrica.”***

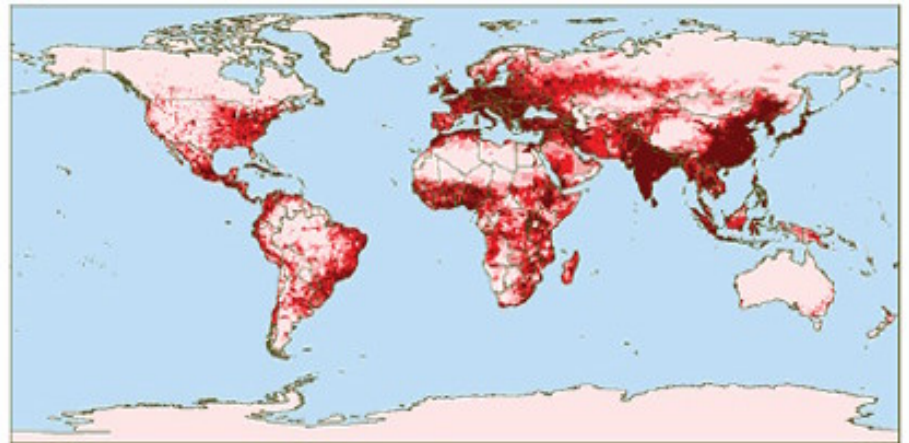
The chairman of the U.N. IPCC has warned that ***“na África, em torno de 2020, de 75 a 250 milhões de pessoas são esperadas sofrer escassez hídrica devido às mudanças climáticas e em alguns países daquele continente, a produtividade de culturas não-irrigadas pode ser reduzida em até 50 por cento.”***

Read more: <http://www.america.gov/st/energy-english/2010/March/20100310133751fsyelkaew0.5113031.html#ixzz0p41Vuji7>

Projeções do UN IPCC sobre Recursos Hídricos: <http://www.bloomberg.com>

- ◆ Em torno de 2,4 bilhões de pessoas vivem em países com “deficiência hídrica”, a exemplo da China ([Pacific Institute](#), 2009)
- ◆ A demanda hídrica nas próximas duas décadas irá dobrar na Índia, para o nível de 1,5 trilhões de metros cúbicos e irá aumentar em 32% na China para o nível de 820 bilhões de metros cúbicos(2030 Water Resources Group)

Figure 2. World Population Distribution



Os impactos de mudanças climáticas sobre os Recursos Hídricos serão agravados pela poluição

A China, com 20% da população mundial e 7% das reservas de água doce, possui 70% dos rios e lagos já contaminados, enquanto que metade das cidades têm problemas de poluição de água subterrânea (World Bank).

Em torno do ano 2030, a China experimentará um déficit de suprimento hídrico de 200 bilhões de métricos cúbicos a menos que o governo assuma o controle sobre demanda (McKinsey / [Martin Joeress](#)).

<http://www.bloomberg.com>

Projeções do UN IPCC sobre Recursos Hídricos

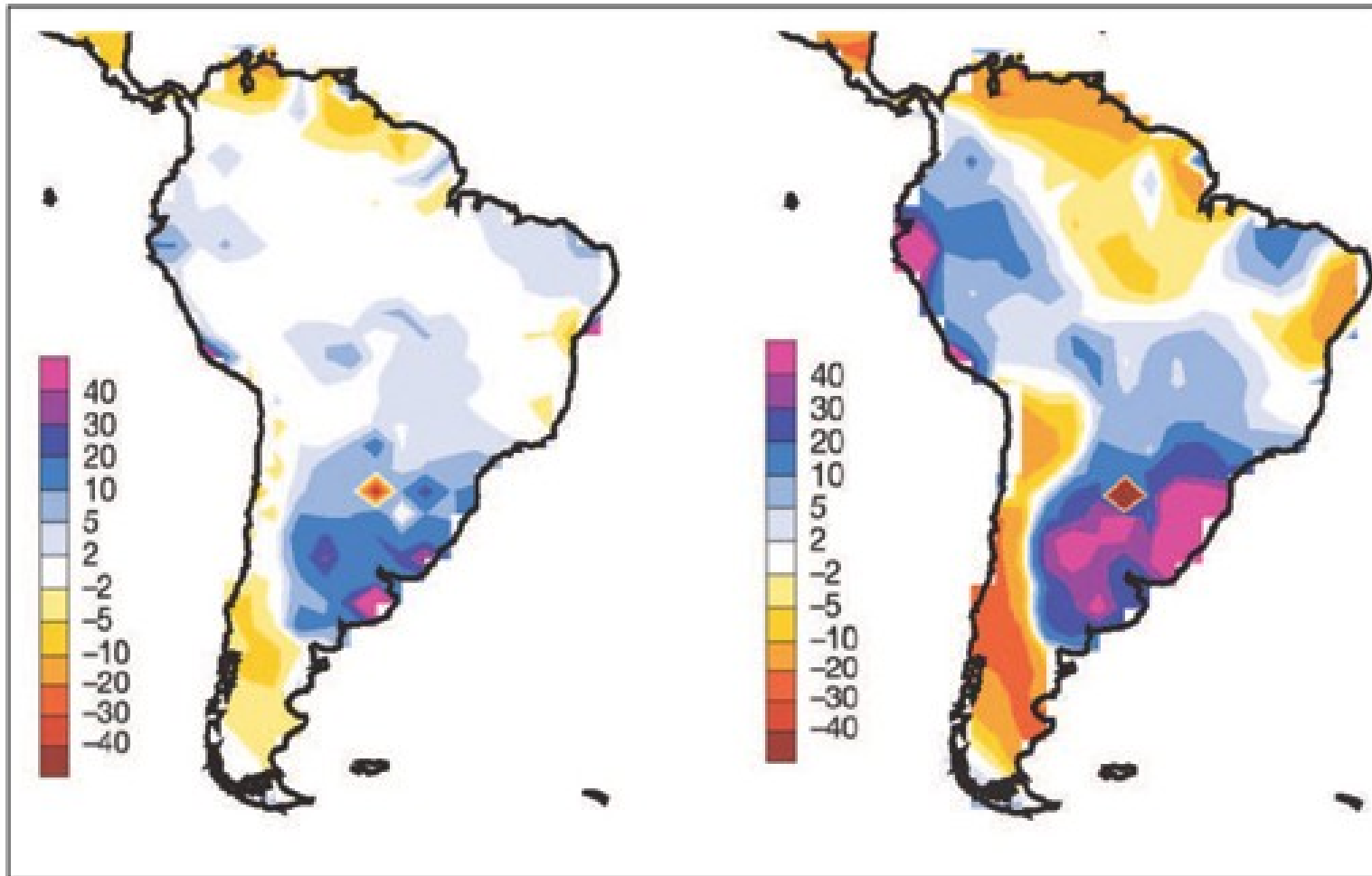
The IPCC predicts: “muitas áreas semi-áridas e áridas (ex., bacia do Mediterrâneo, oeste dos EUA, sudeste da África e **nordeste do Brasil**) ... são esperadas sofrer diminuição da disponibilidade hídrica devido às mudanças climáticas.”

California's state government has warned: “As mudanças climáticas já afetam a California. O estado já está registrando temperaturas médias maiores, aumento no número de dias quentes, diminuição no de dias frios, aumento do ciclo de culturas agrícolas, alteração no ciclo hidrológico com redução da quantidade de neve precipitada, e a água oriunda de chuvas e derretimento da neve drenando mais cedo a cada ano.”

Read more: <http://www.america.gov/st/energy-english/2010/March/20100310133751fsyelkaew0.5113031.html#ixzz0p41Vujj7>

by Mike Muller, co-chair of the UN-Water World Water Assessment Programme's Expert Group on Indicators, Monitoring and Databases

Projeção de impactos nos rios da América do Sul



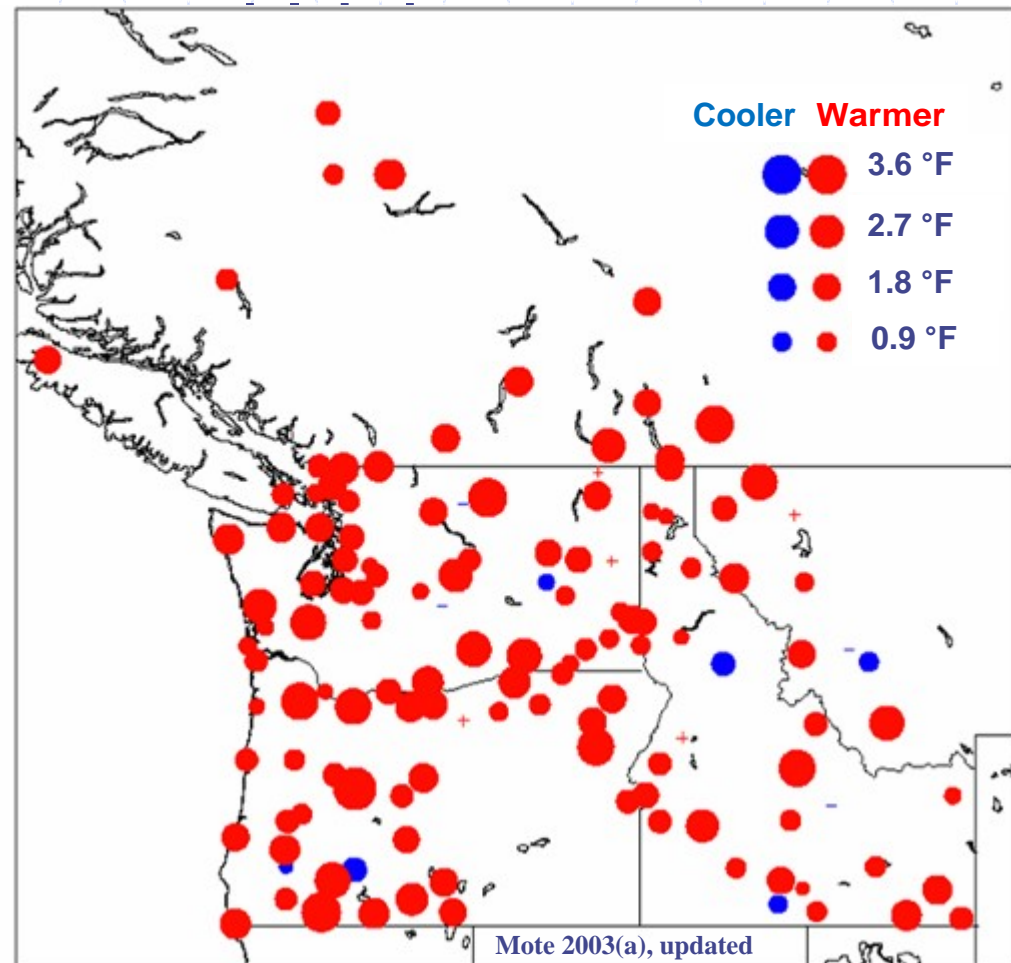
Percent change in flows of rivers in South America for left: 1971-2000 and right: 2041-2060 (A1B scenario, average of 9 GCMs) (relative to 1900-1970)

A região do “Pacific Northwest-PNW” nos EUA também está sujeita a mudanças climáticas: Aquecimento no séc. 20 em Washington, Oreg

Aumento de 0.8°C na temperatura média anual durante o séc. 20

Aumento no número de estações meteorológicas em áreas urbanas e rurais

Maior aquecimento no inverno: $+1.5^{\circ}\text{C}$



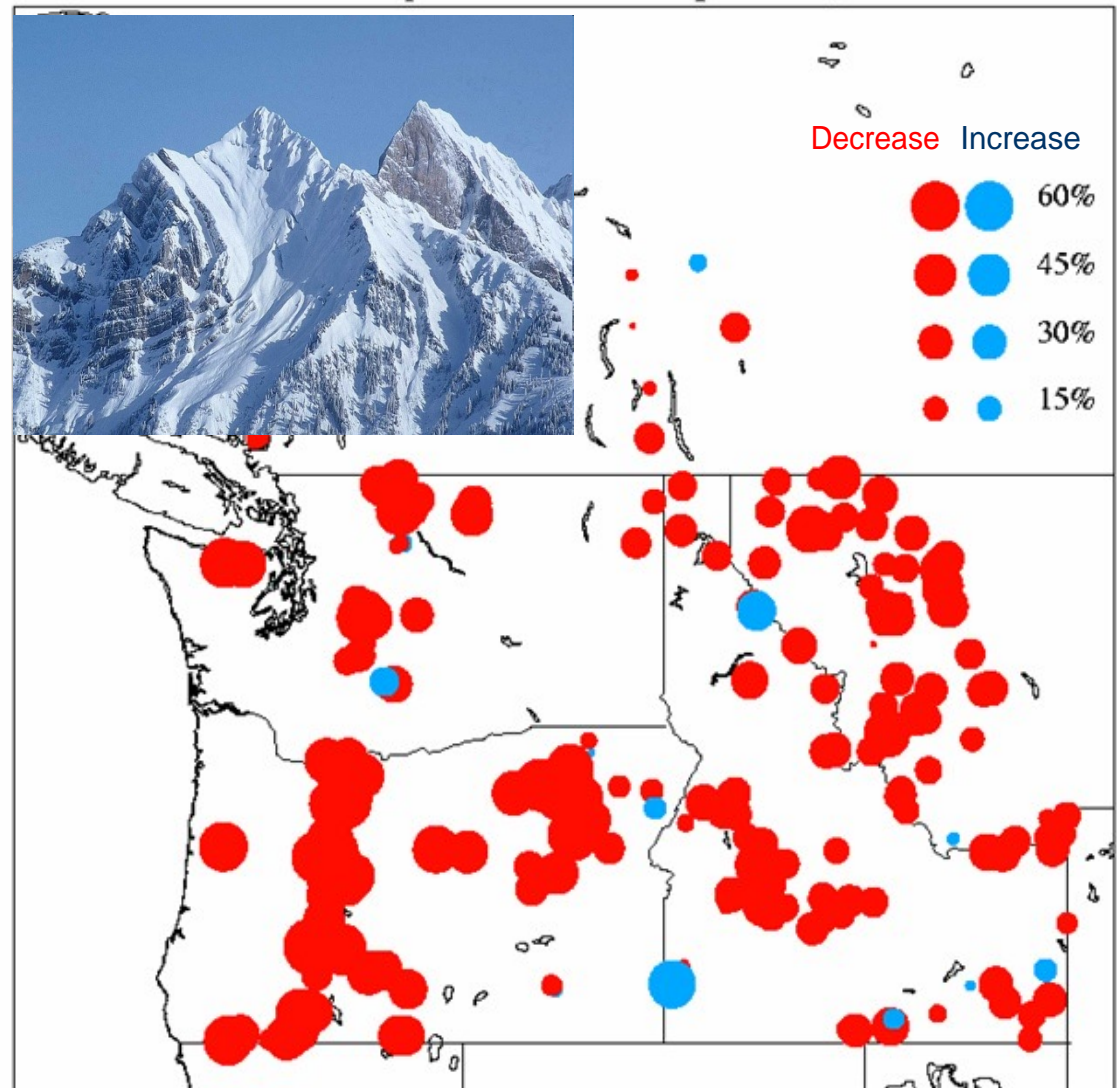
Água em geleiras em 1º de abril no noroeste dos EUA: tendências

O volume de água em geleiras em 1º de abril tem diminuído sensivelmente no PNW no período de 1950 - 2000, com perdas de 30-60% registradas em muitas estações de monitoramento em médias altitudes.

Climate Impacts Group – Univ. Washington (Mote 200

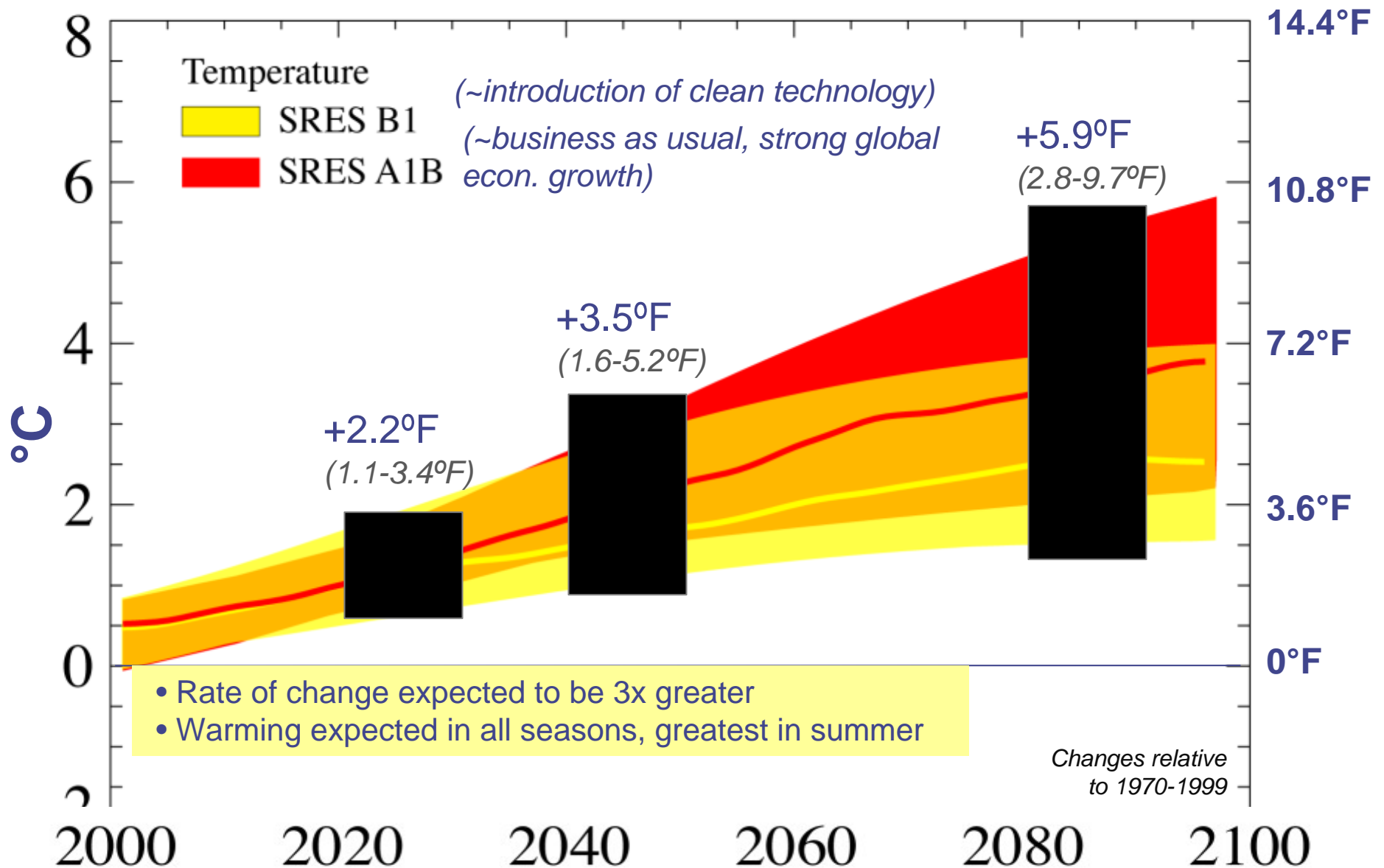


Relative trend in Apr 1 snow water equivalent, 1950-2000



Projeção de aumento da temperatura do ar no NW dos EUA

(SRES = Special Report on Emissions Scenarios)



Riscos de eventos extremos devido às mudanças climáticas

Aumento na frequência de secas...

Com aquecimento de 2°C, secas com frequência de 50 anos (período de retorno) tornam-se frequentes a cada 10 anos, e secas de 10 anos tornam-se frequentes a cada 2.2 anos (Scott et al. 2006)

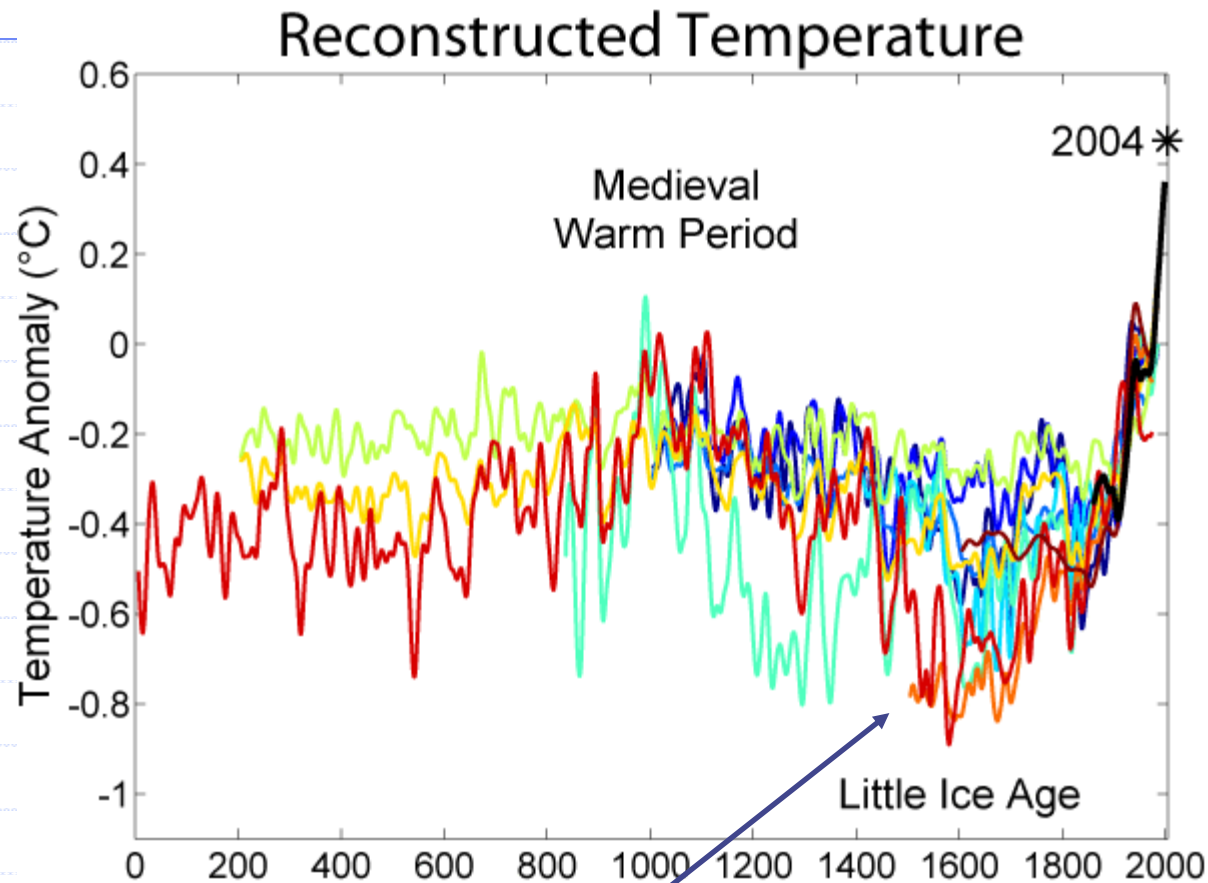
Aumento na ocorrência de inundações em algumas bacias...

Tendência geral de aumento no risco de inundações de inverno em bacias de baixa e médias altitudes

Redução no risco de inundações na primavera pela diminuição do acúmulo de neve nas montanhas no inverno

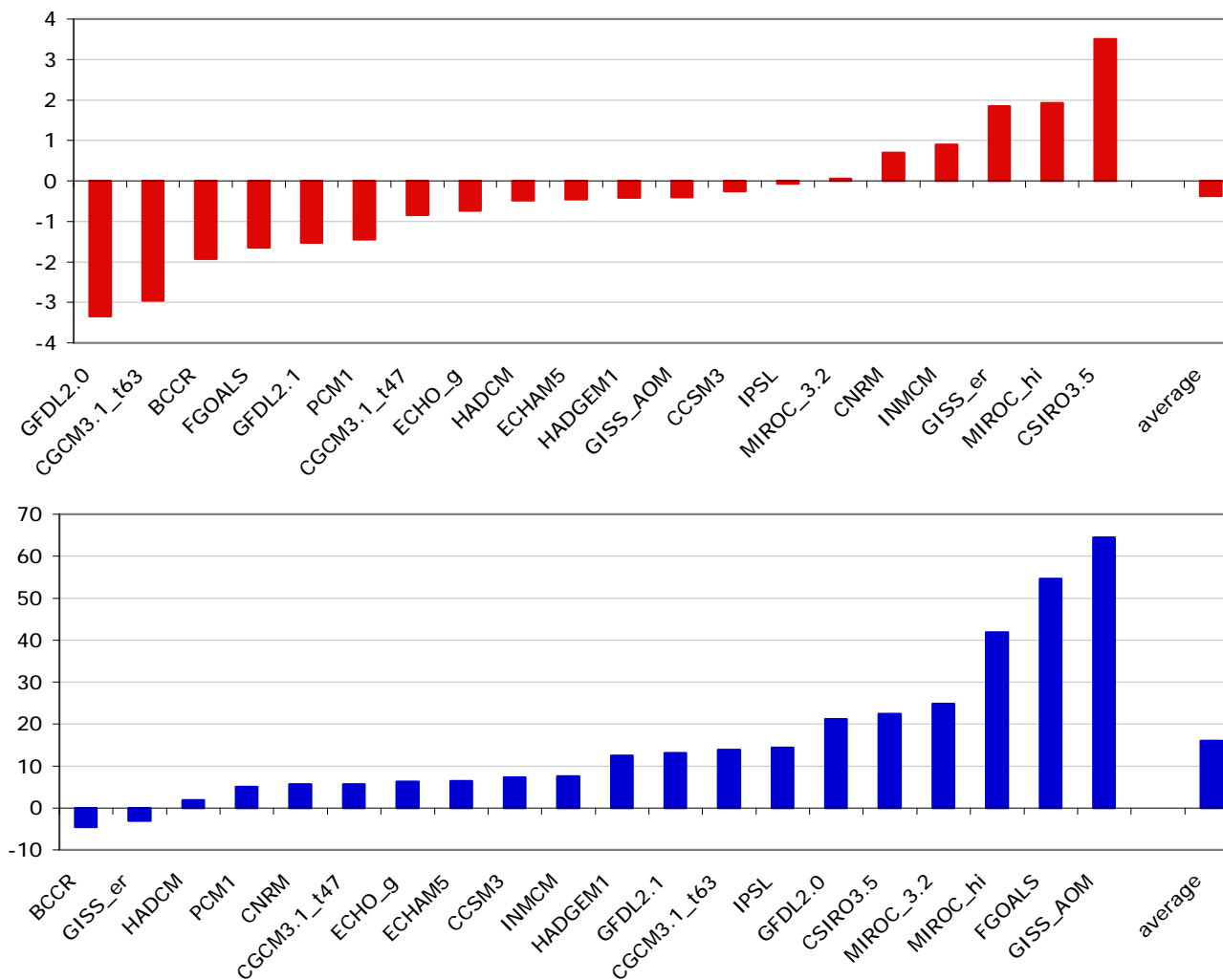
Mas, cuidado com o que Vc. pede:

Pequena Idade do Gelo: 1500-1850



O Resfriamento causou Quebra de Produção Agrícola, Alteração no Padrão de Chuvas, Fome, Miséria, Concentração de Populações, Peste Bubônica

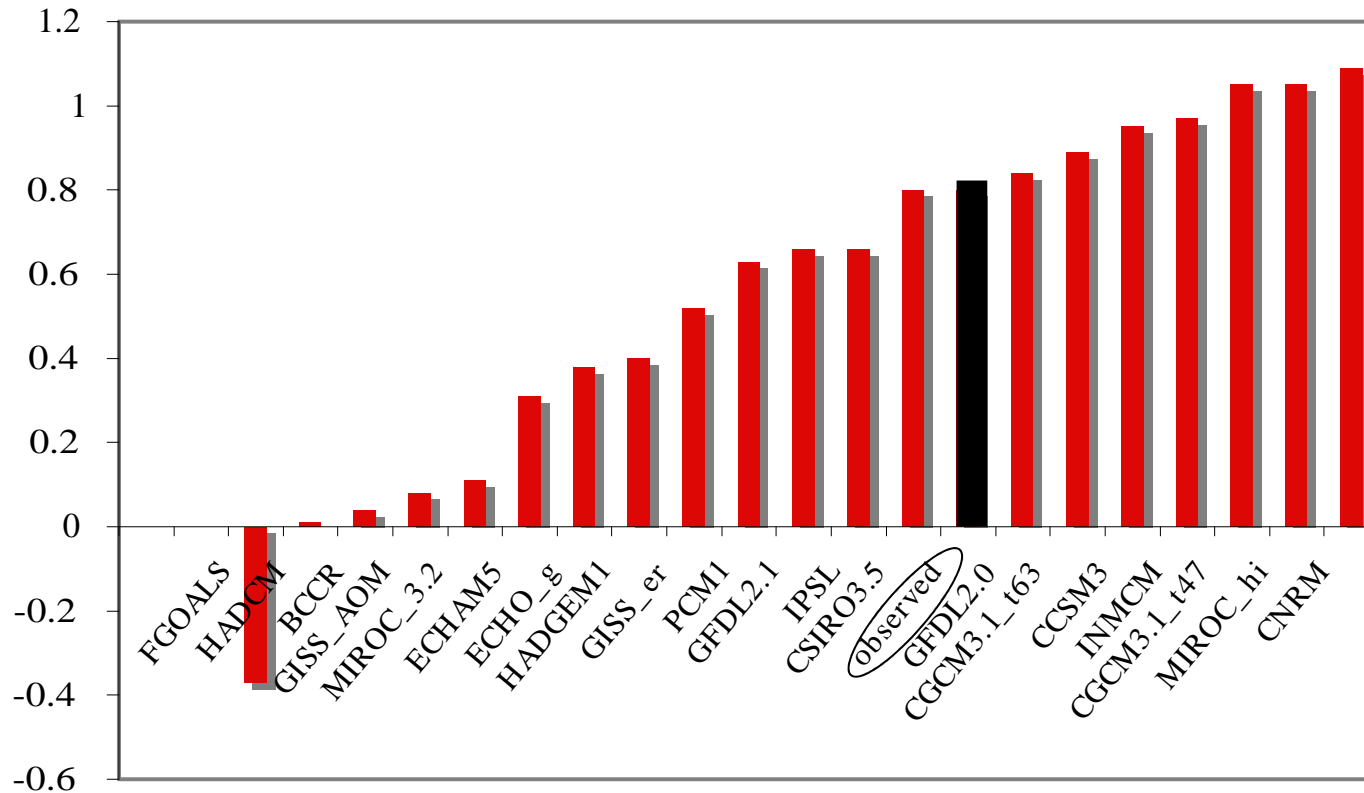
E, Cuidado: os modelos de Mudanças Climáticas NÃO CONCORDAM ENTRE SI. Simulação de desvios da média anual da Temperatura (vermelho) e Chuva (azul) no período de 1900-2000 para o noroeste dos EUA



Simulação da variação de temperatura no período de 1900-2000 por 20 GCM (Modelos de Circulação Global) – todos diferem entre si – portanto, o futuro é incerto

Northwestern United States

trend (C/century)



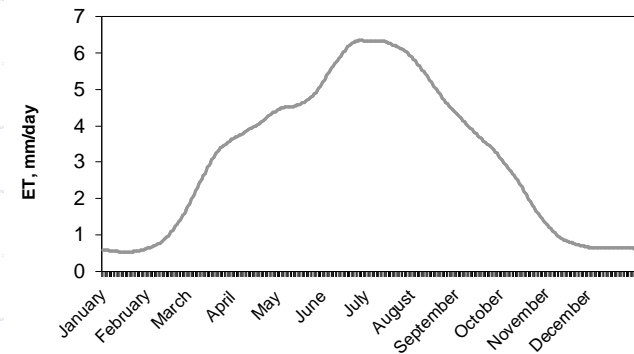
Impactos da Mudança do Clima sobre os Requerimentos de Água para Irrigação



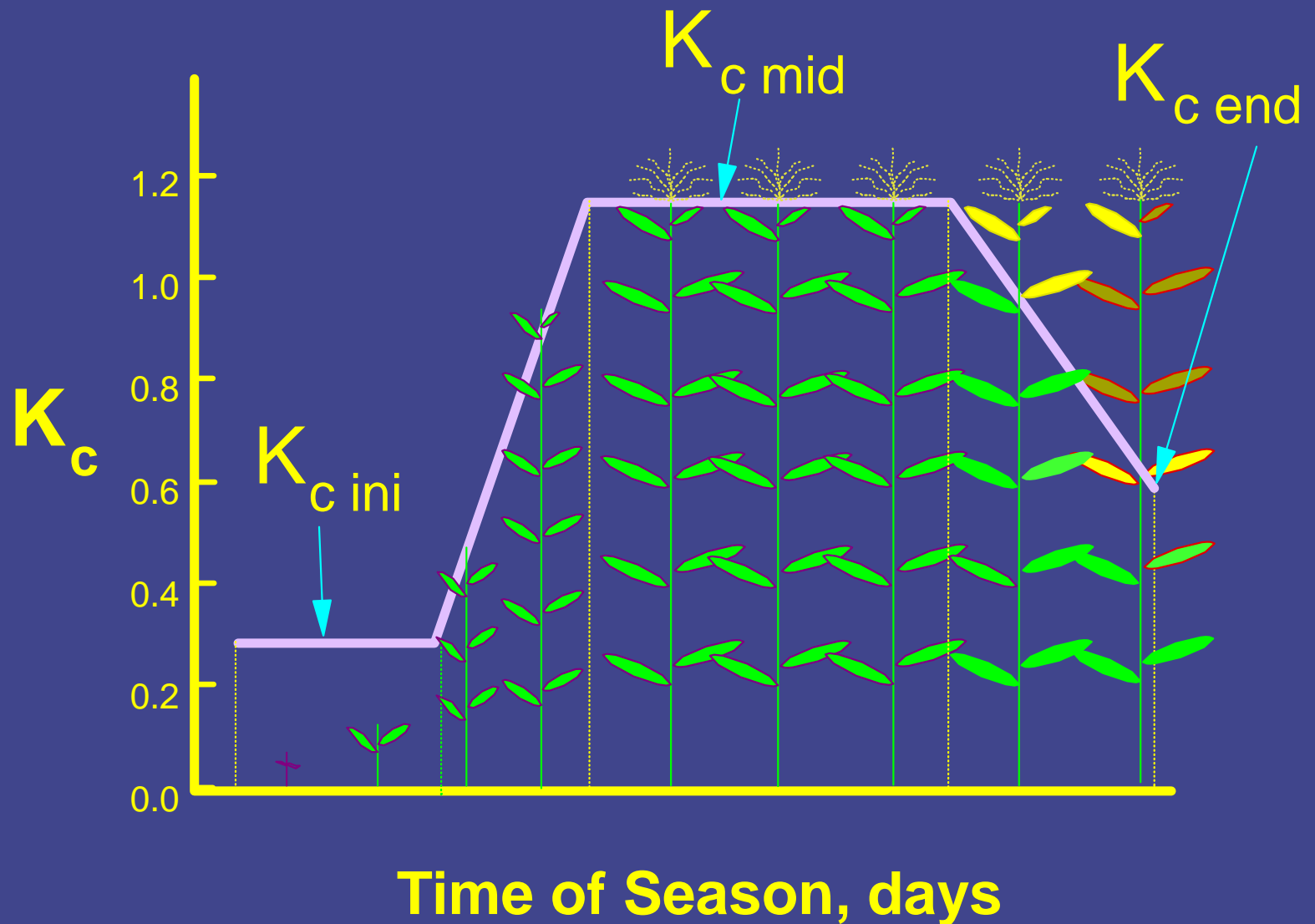
◆ Total de Evapotranspiração (ET) = Taxa x Tempo

◆ Aquecimento do clima:

- Aumentará a taxa de ET
- Aumentará a duração do ciclo das culturas (growing seasons)

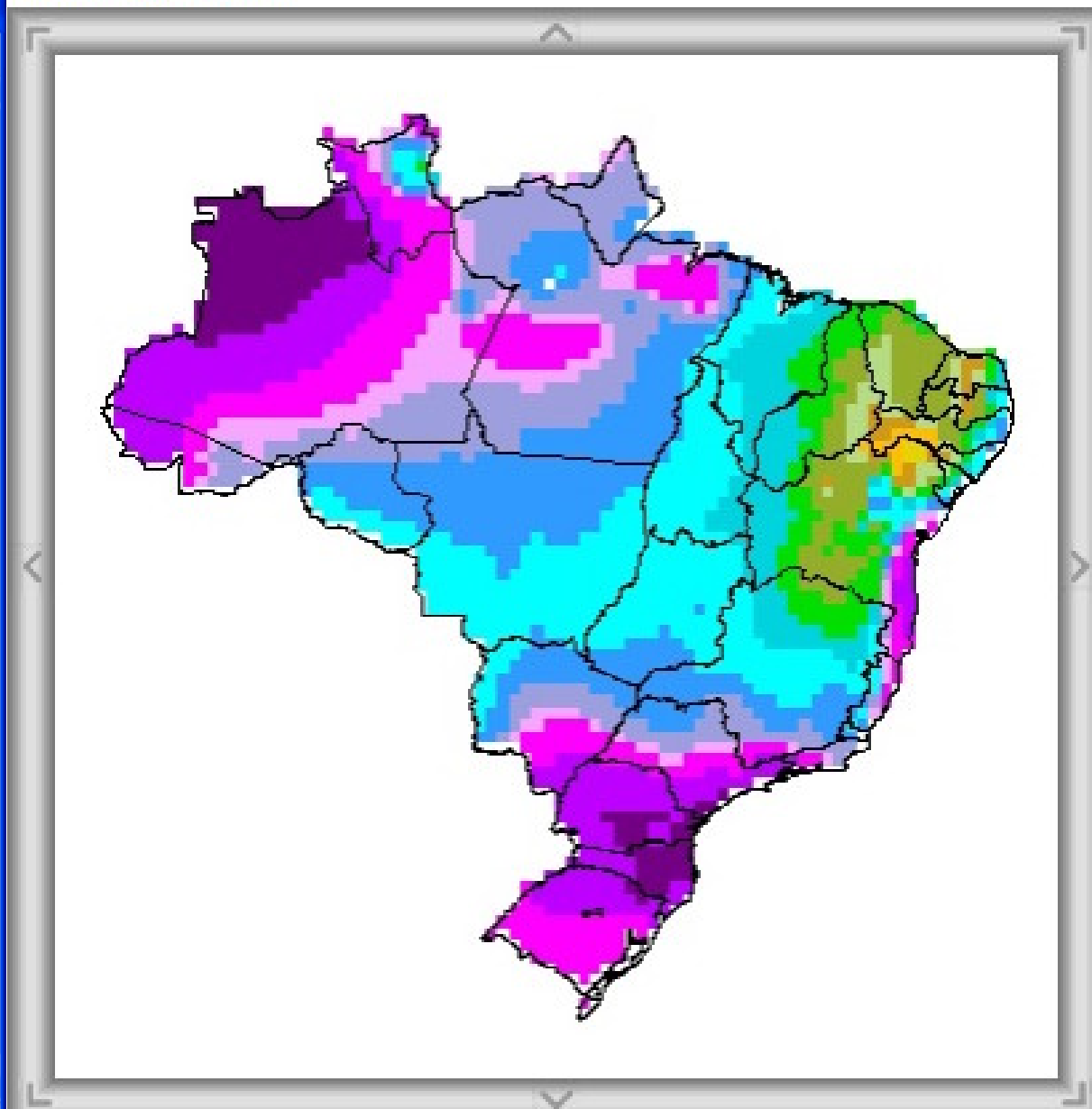
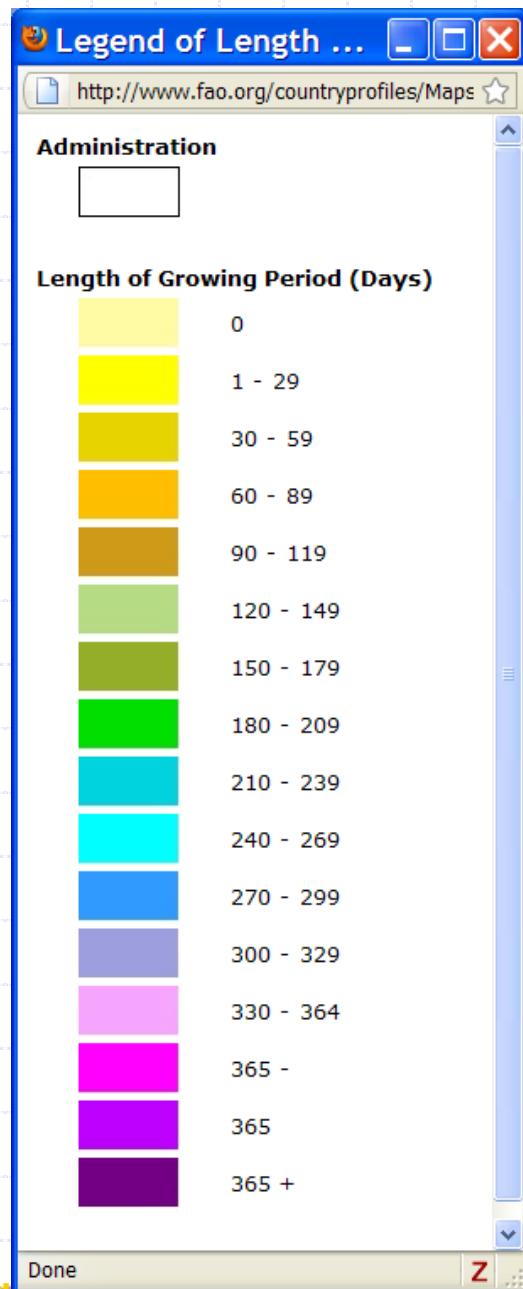


Curvas de K_c em função do tempo não são úteis para
avaliar impactos de mudanças do clima.



Duração atual dos ciclos de produção no Brasil – Fonte: FAO

Growing Period



Impactos da Mudança do Clima na Duração do Ciclo de Produção

◆ Estimando aumentos na duração dos ciclos de produção:

- Uso de Graus Dias de Crescimento (GDD)

$$GDD = \max\left(\frac{T_{max} + T_{min}}{2} - T_{base}, 0\right)$$

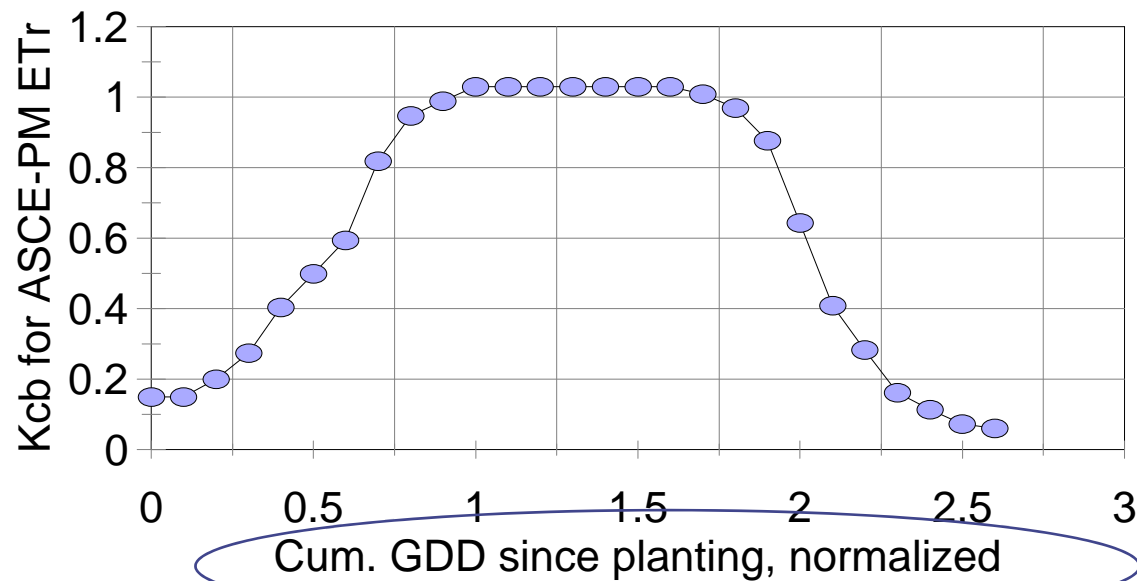
T_{base} é 0°C para muitas culturas, 5°C para outras

- Uso de GDD acumulado (CGDD) para determinar a taxa de crescimento e desenvolvimento de K_c onde

$$ET = K_c ET_{ref}$$

Impactos da Mudança do Clima na Duração do Ciclo de Produção

Spring Grain 1979



—●— For PM derived from Wright (1982)

$$GDD = \max\left(\frac{T_{max} + T_{min}}{2} - T_{base}, 0\right)$$

T_{base} é 0°C para grãos (trigo)

Example: CGDD para K_{cb} 's de Wright (1982) como usado em Idaho, USA – Allen and Robison (2007)

| | Spring Wheat | Winter Wheat | Peas seed | Peas fresh | Sugar Beet | Potato baking | Potato processed | Beans | Field Corn |
|----------------------------|-----------------|-----------------|--------------|---------------|---------------|------------------|---------------------|-------|---------------|
| GDD Base, °C | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10-corn |
| CGDD Planting to EFC | 840 | 1080 | 635 | 635 | 970 | 740 | 700 | 670 | 540 |
| CGDD Planting to Terminate | 2160 | 2600 | 1620 | 1000 | 2600 | 1780 | 1500 | 950 | 1400 |

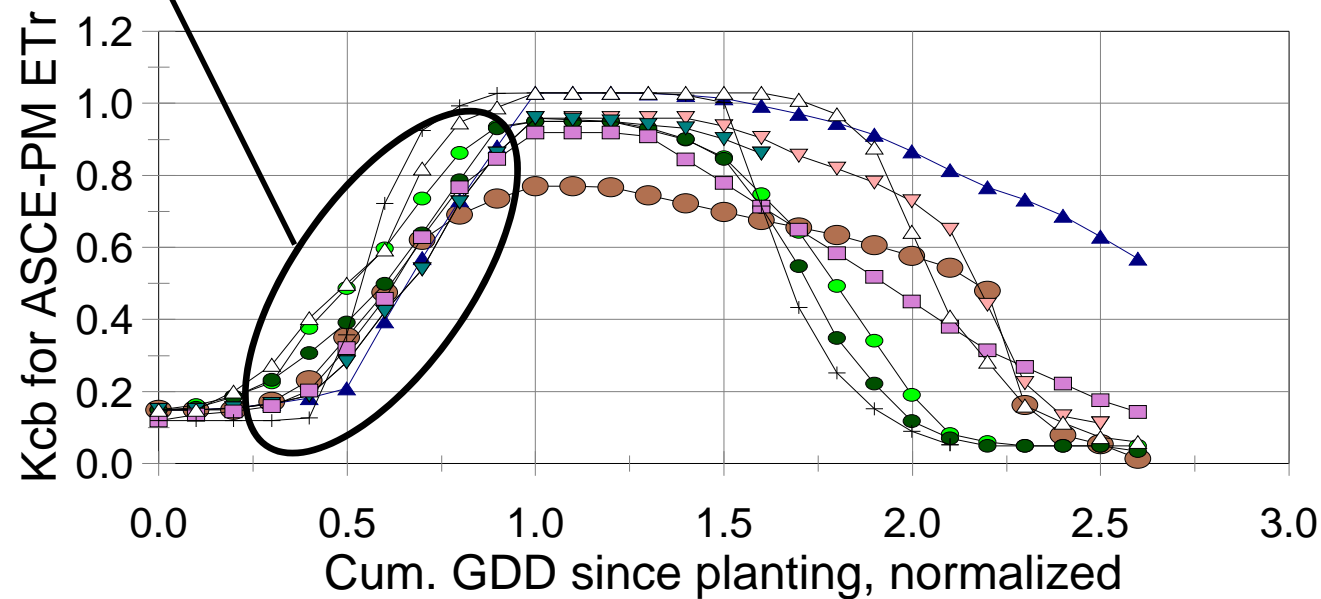
(winter wheat is planted Oct. 15 and accumulates all winter)

<http://www.kimberly.uidaho.edu/ETIdaho/>

O uso de CGDD cria alguma semelhança no formato de curvas de K_{cb}

similar shapes during development vs. CGDD

Basal K_{cb} for the ASCE PM ETr Method
based on Kimberly Lys., Wright(1982)



- Potatoes 1972
- Beans 1973
- Beans 1974
- ▲— Sugar Beets 1975
- ▼— Field Corn 1976
- ▼— Sweet Corn 1976
- Peas

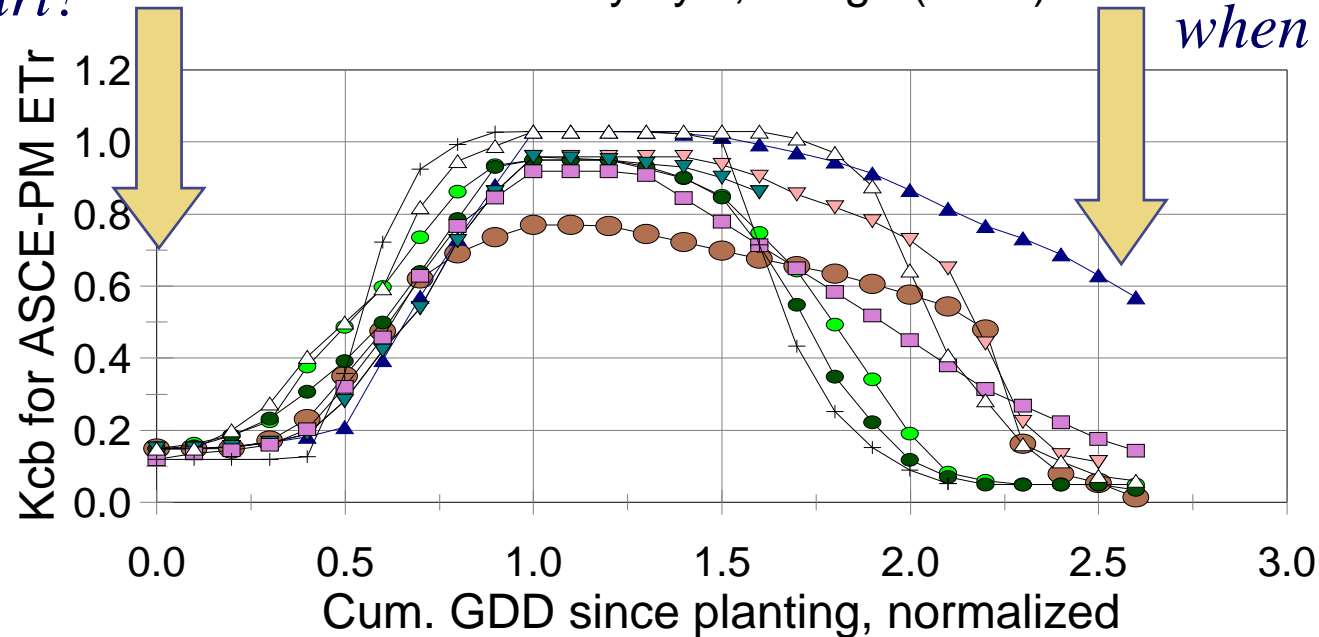
Início e Final do K_{cb}

Basal K_{cb} for the ASCE PM ETr Method

based on Kimberly Lys., Wright(1982)

when to start?

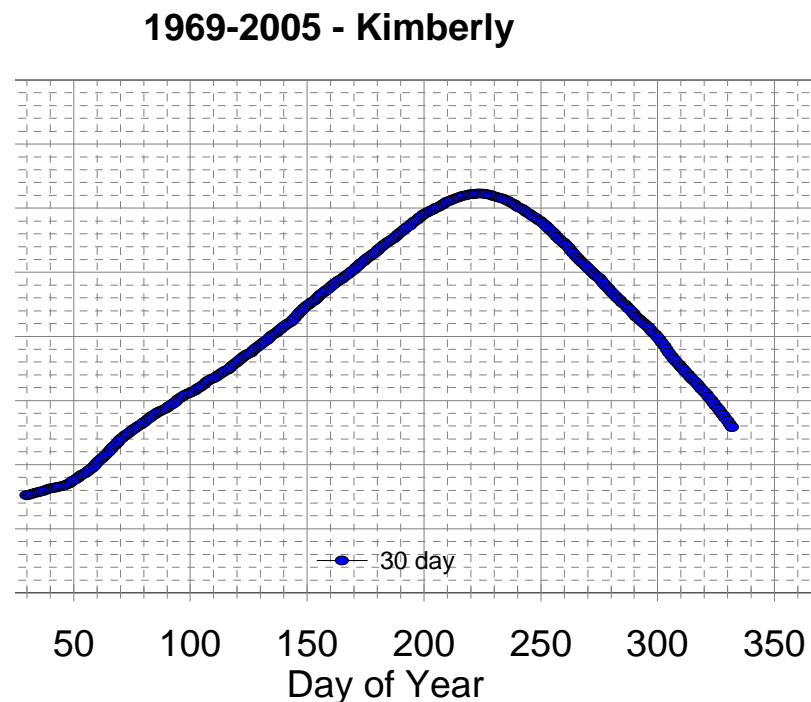
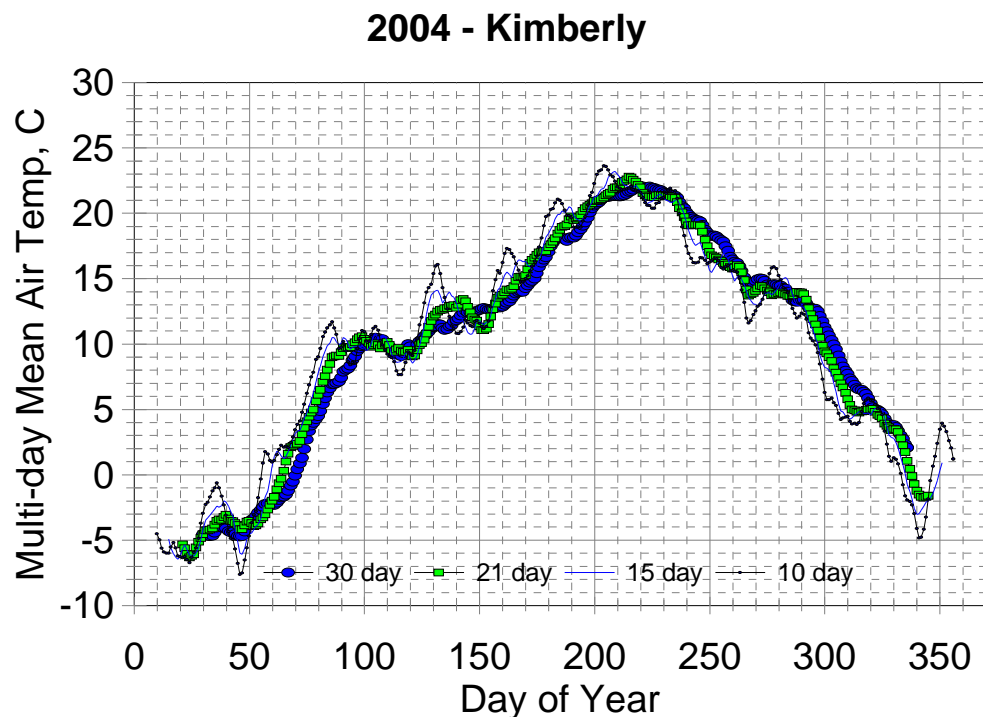
when to end?



- Potatoes 1972
- Beans 1973
- Beans 1974
- ▲— Sugar Beets 1975
- ▼— Field Corn 1976
- ▼— Sweet Corn 1976
- Peas 1977
- +— Winter Wheat 1978
- △— Spring Grain 1979

Como Estimar o Plantio ou Germinação:

Média móvel da temperatura do ar com intervalos de 30 dias (T30)



--Calcule a T30 que TERMINA na data simulada de plantio/germinação

T₃₀ para Culturas Agrícolas em Idaho

– Allen and Robison (2007)

| | Spring Wheat | Peas seed | Sugar Beet | Potato | Field Corn | Beans |
|----------------------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Year grown by Wright | 1979 | 1977 | 1975 | 1972 | 1976 | 1973 |
| Plant Date of Wright | Apr 1 | Apr 10 | Apr 15 | Apr 25 | May 5 | May 22 |
| T30 used in ETIdaho, °C | 4 | 5 | 8 | 6 to 7 | 10 | 14 |

Dados originais por Dr. James Wright, USDA-ARS (retired)

<http://www.kimberly.uidaho.edu/ETIdaho/>

Como Estimar o Final: Temperaturas de Geada

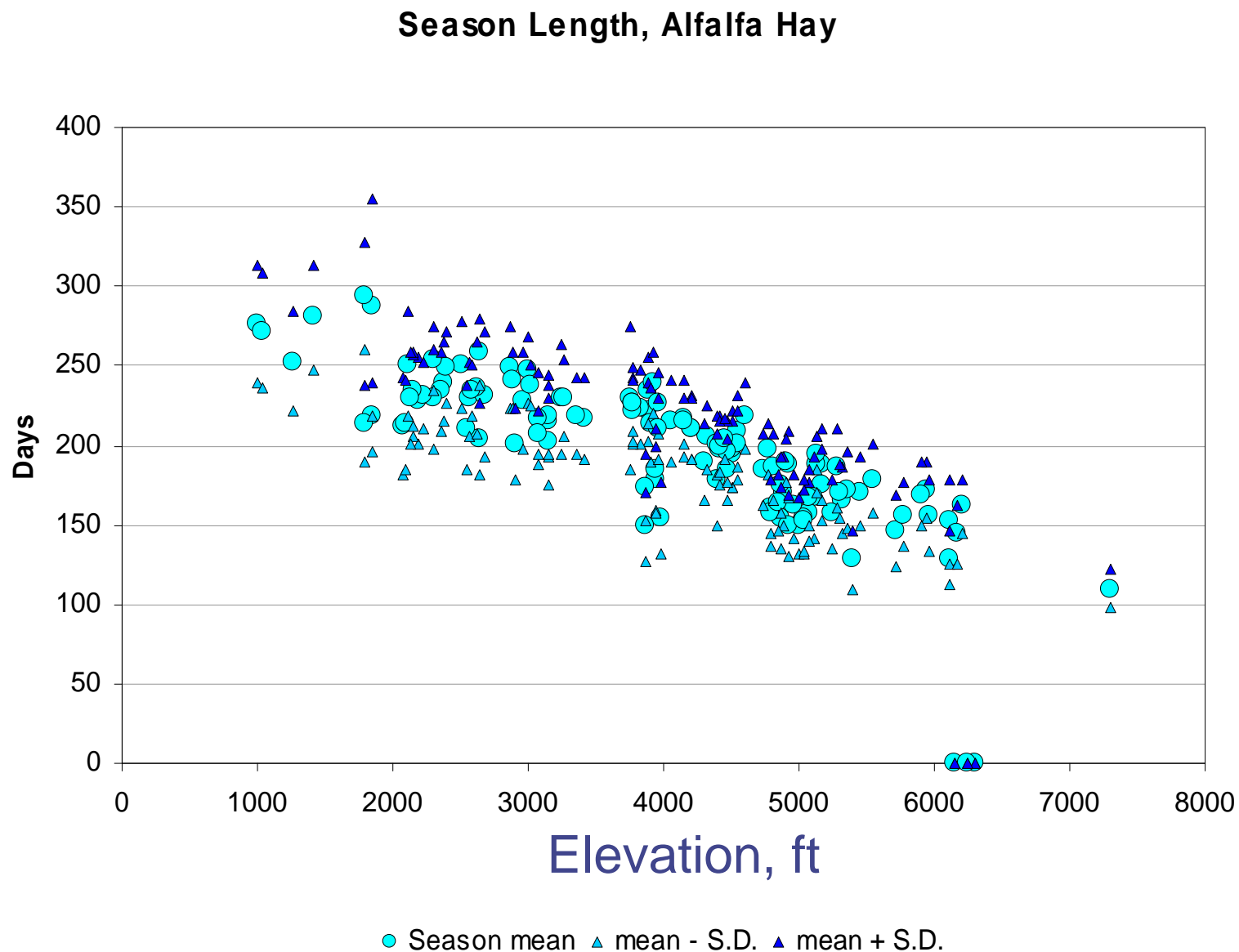
Temperaturas de Geada usadas em Idaho,
USA – Allen and Robison (2007) (°C)

| | | | | | | | | |
|-----------------|--------------|----------------|--------|---------------|------|---------|---------|------|
| Spring Wheat | Peas seed | Sugar Beet | Potato | Field Corn | Bean | Alfalfa | Pasture | Hops |
| --- | -4 | -4 | -2 | -4 to - 5 | -2 | -7 | -5 | -2 |
| Cattails | Poplar | Cotton wood | Willow | Sun flower | | | | |
| -2 | -5 | -4 | -6 | -4 | | | | |

--Note: Estas são temperaturas dentro do abrigo
(*não na superfície do solo*)

<http://www.kimberly.uidaho.edu/ETIdaho/>

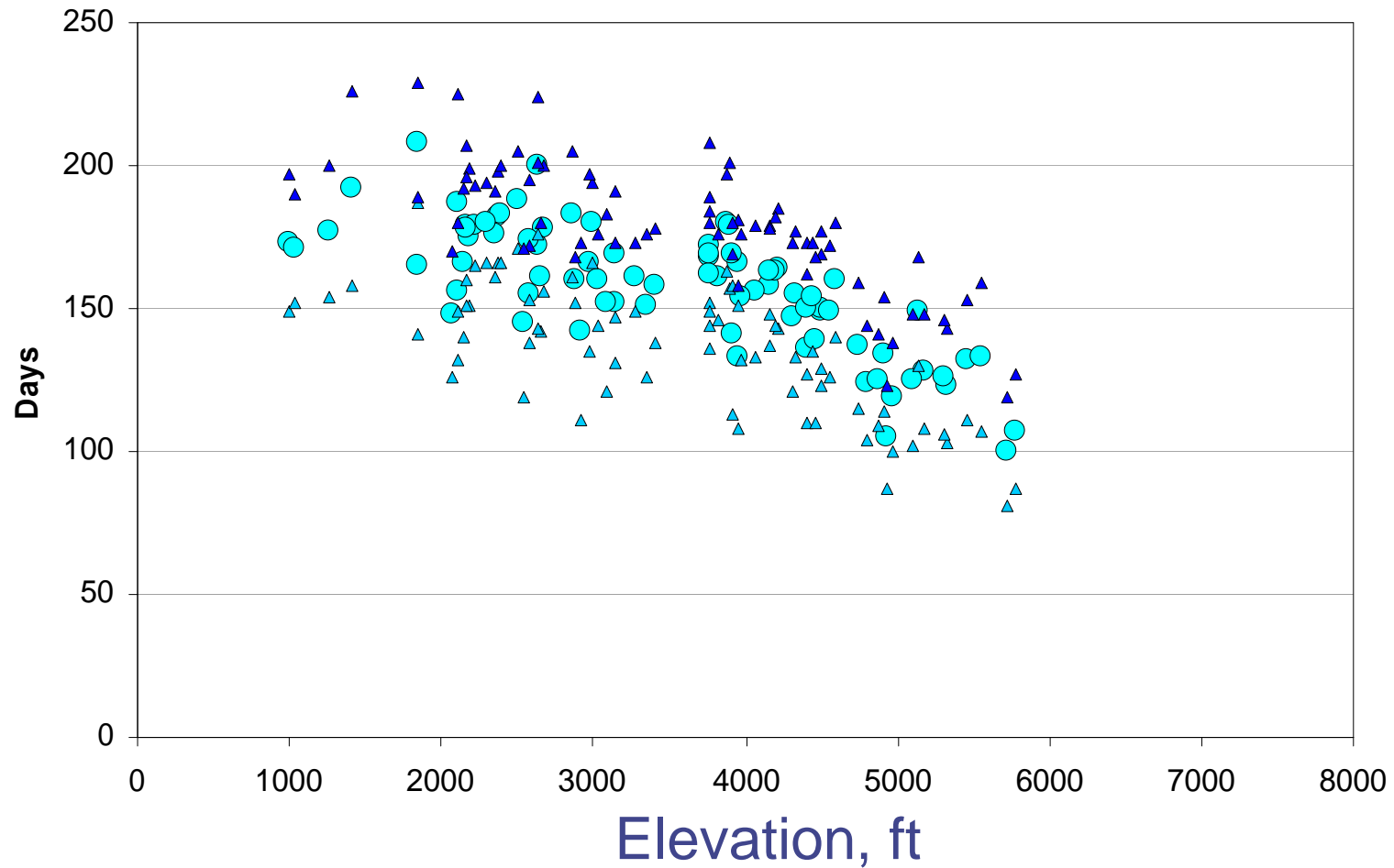
Durações do Ciclo da ALFAFA vs. Altitude em Idaho --- Thermal-estimated Start and Frost Ended



Durações do Ciclo do MILHO vs. Altitude em Idaho

Thermal-estimated Start and Thermal/Frost End

Season Length, Field Corn

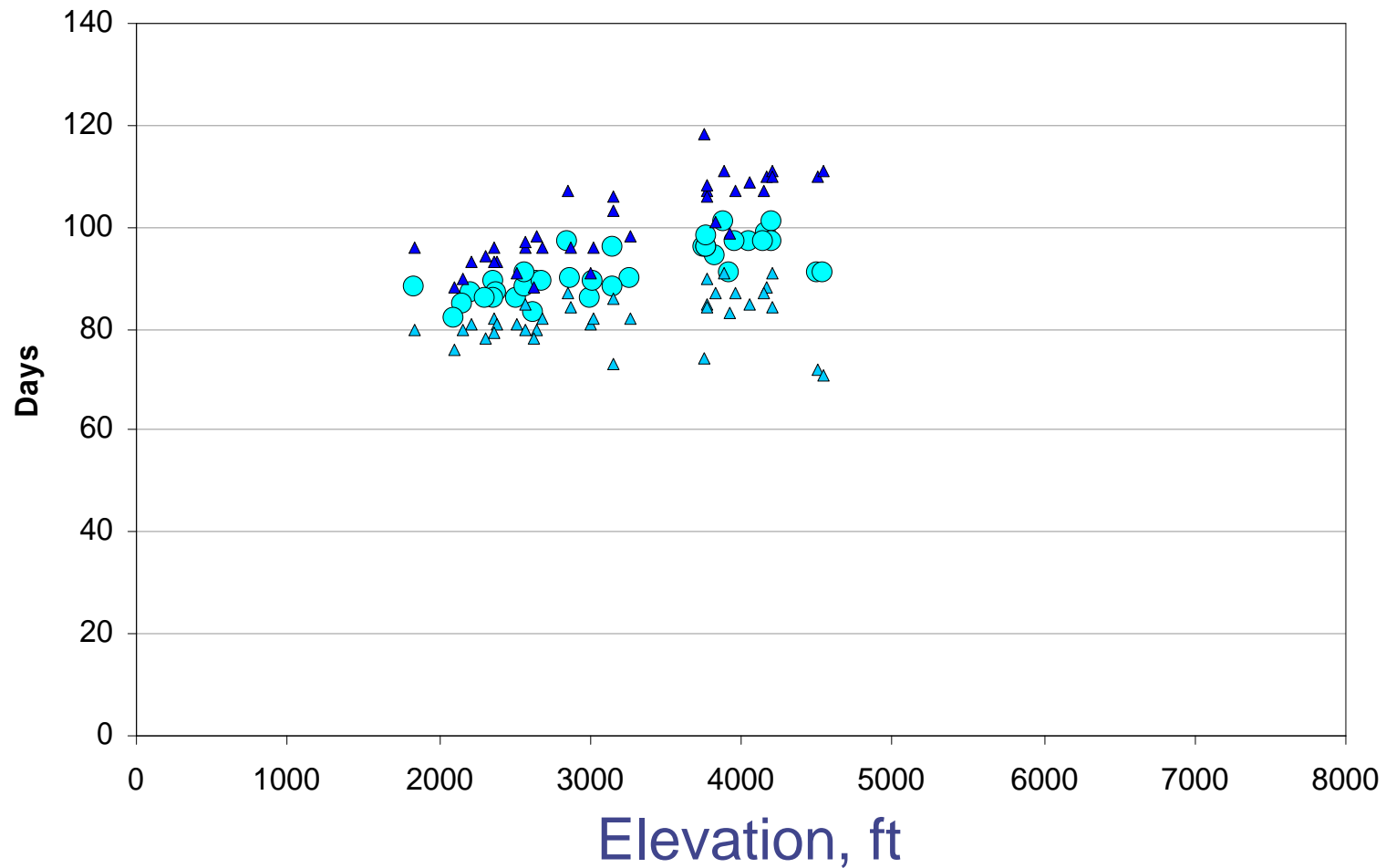


● Season mean ▲ mean - S.D. ▲ mean + S.D.

Durações do Ciclo do Feijão vs. Altitude em Idaho

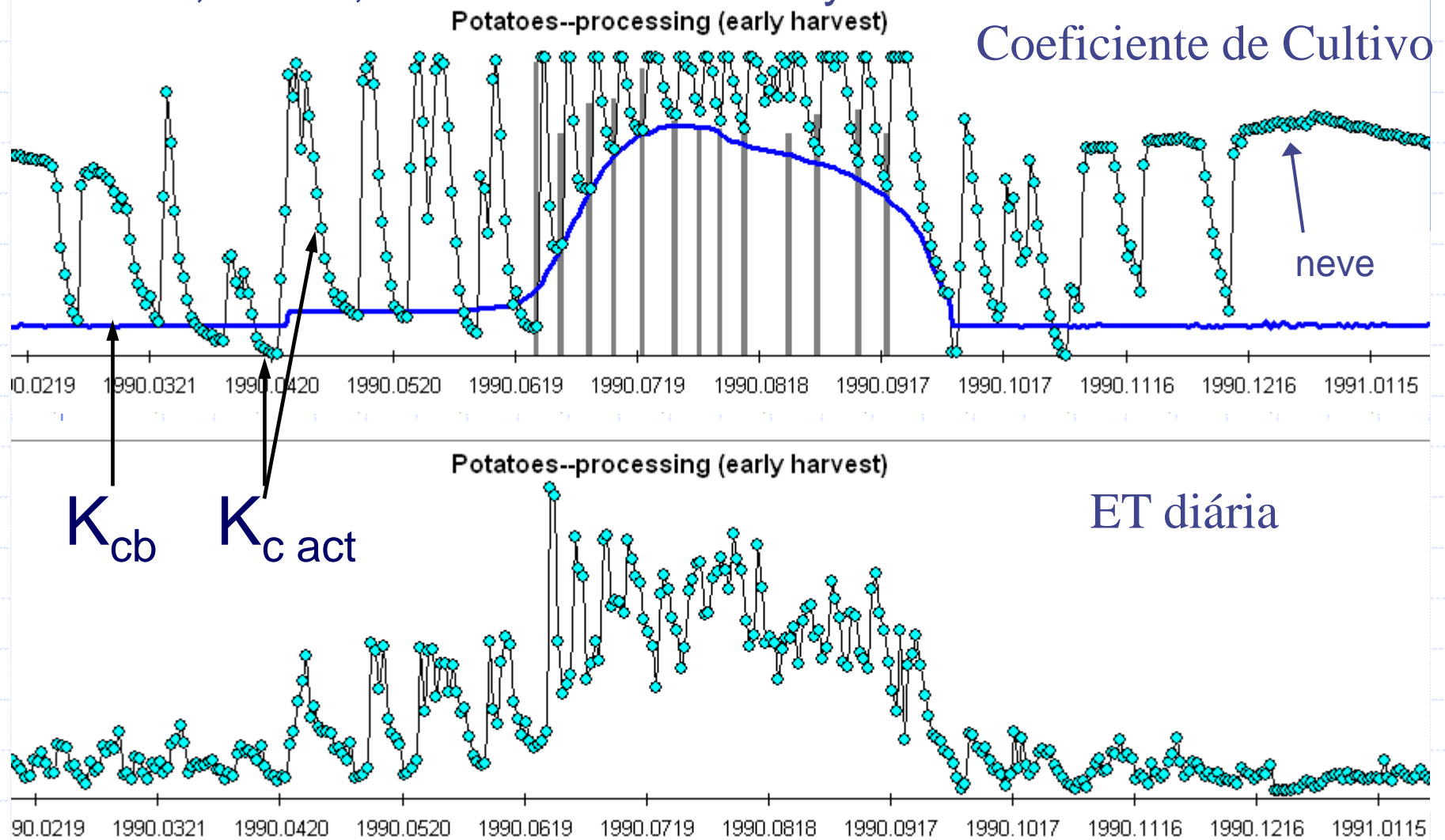
Thermal-estimated Start and Thermal-estimated End

Season Length, Dry Beans - seed



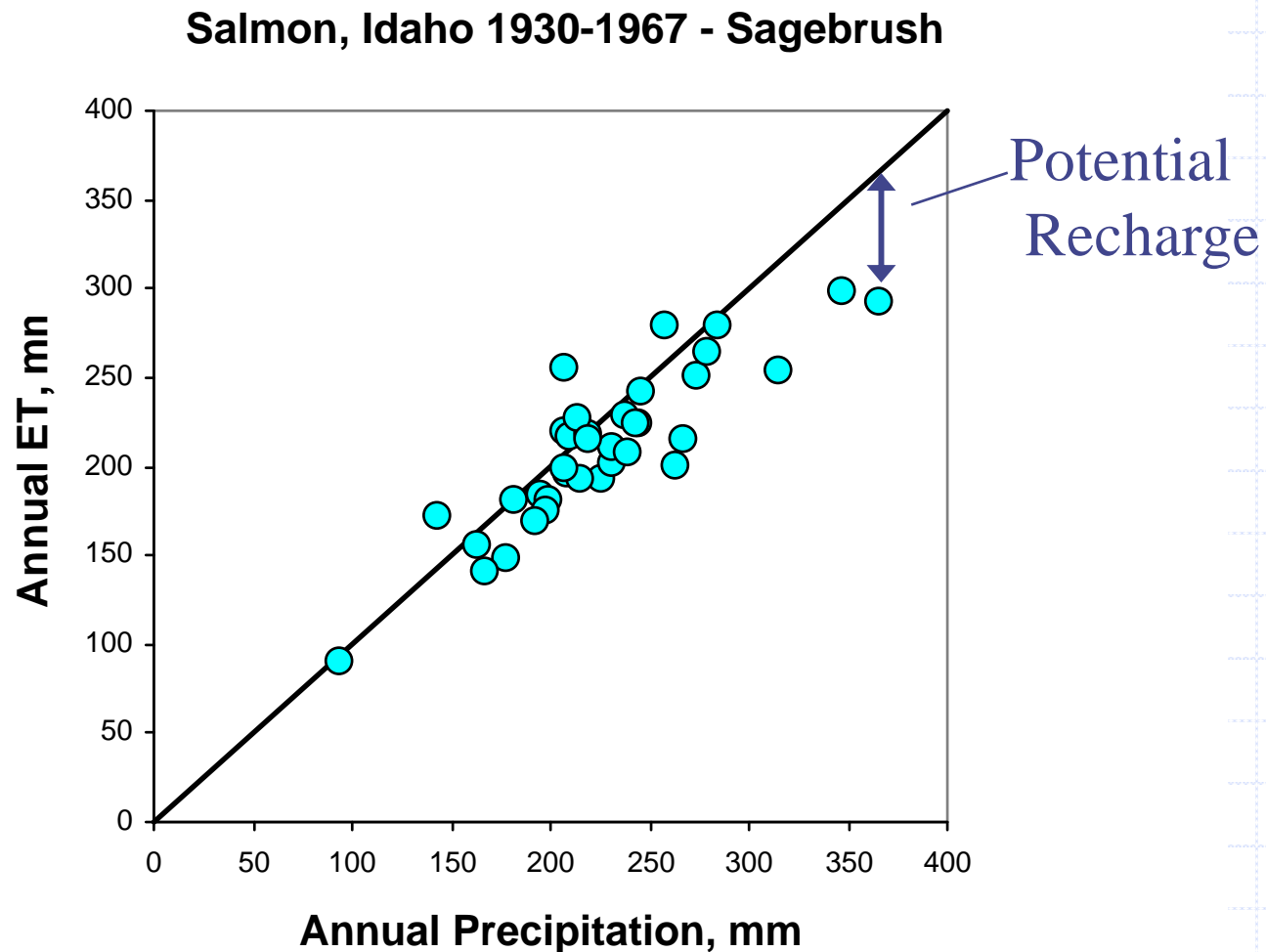
● Season mean ▲ mean - S.D. ▲ mean + S.D.

Simulação da ET diária durante o ano, incluindo o inverno – Ashton, Idaho, USA 1990 calendar year -- POTATOES

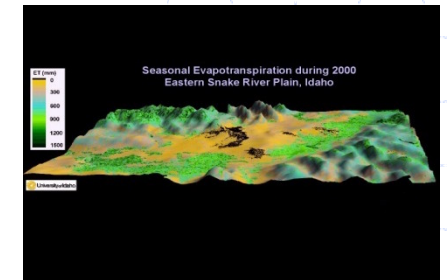
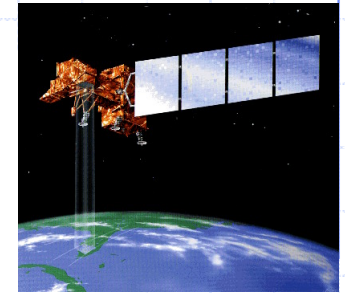
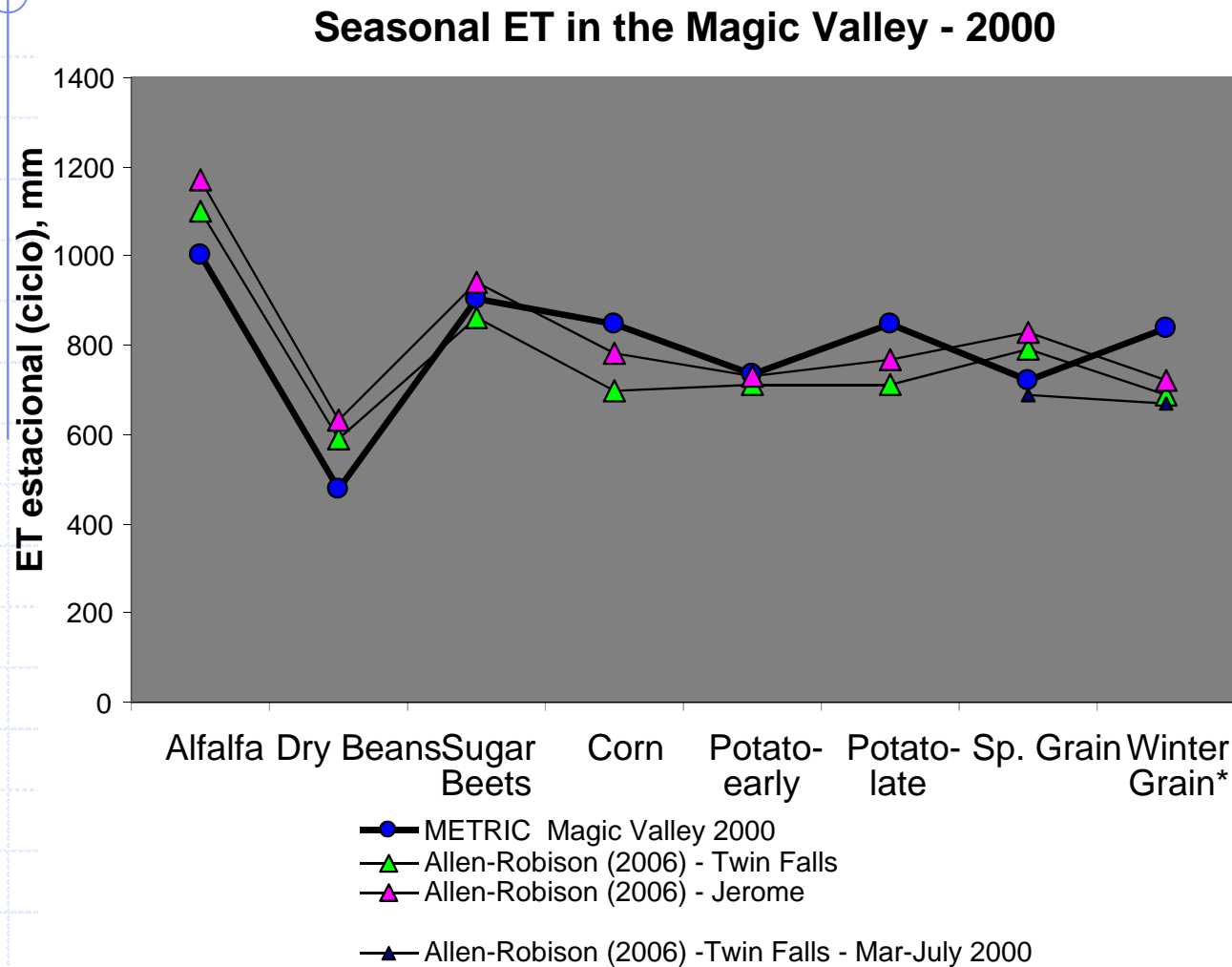


$$K_{c act} = (K_s K_{cb} + K_e) \quad (and \quad ET_{c act} = K_{c act} ET_r)$$

Checando a ET simulada: a ET anual deve ser \leq Precipitação para vegetação não-irrigada (dependente da chuva)

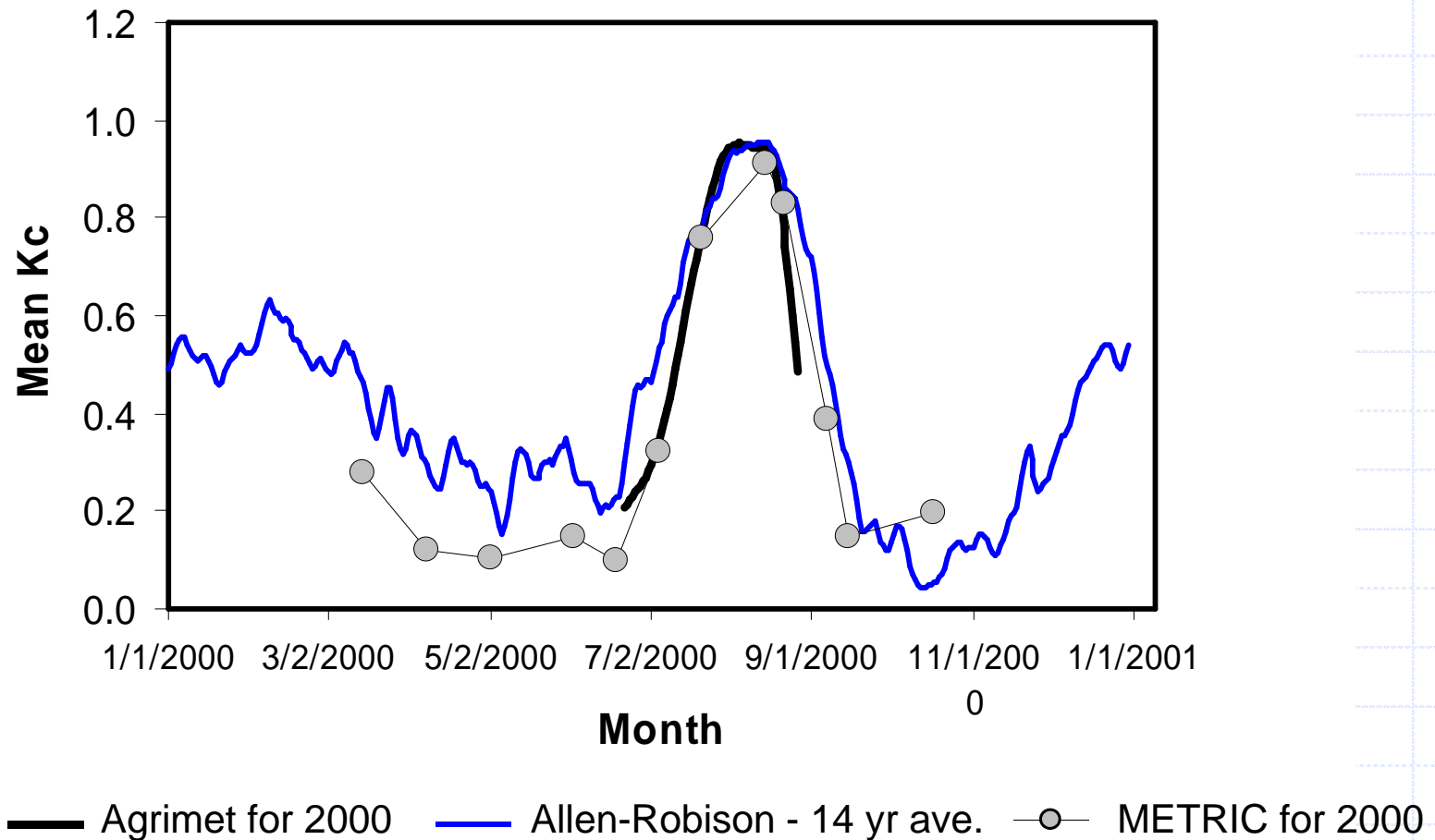


Cálculo da ET usando o K_c ET_{ref} método pode ser comparado com balanço de energia por satélite (METRIC)



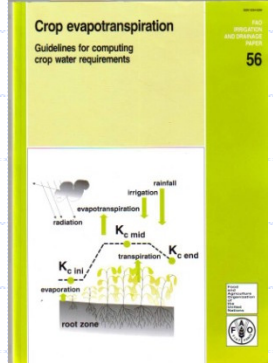
Comparando K_c do METRIC com K_c baseado em outros métodos

Dry Beans Twin Falls, ID 2000



Taxas de ET Potencial num cenário de Mudança Climática

- Variações na ET serão principalmente proporcionais a variações em T x variação na radiação solar (R_s)



Standardized ASCE/FAO Penman-Monteith

$$ET_{ref} = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{C_n}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + C_d u_2)}$$

C_n e C_d são constantes

f (Radiação Solar) → $\Delta (R_n - G)$
 f (Temperatura) → Δ
 Velocidade do Vento → u_2
 f (Umidade) → $e_s - e_a$

The ASCE Standardized Reference Evapotranspiration Equation



ASCE

EWRI

Mitigação de Impactos de Mudanças do Clima

Culturas Agrícolas

- ◆ Seleção do tipo de cultura
- ◆ Alterações genéticas (melhoramento)
- ◆ Mudanças na fisiologia
- ◆ Uso de outras densidades de plantio
- ◆ Alteração da época de plantio
- ◆ -- Como as forças econômicas se interrelacionam?

Mitigação sob escassez hídrica causada por secas mais frequentes:

- ◆ Campos cultivados ficarão em “pousio” em anos secos?
 - Transferência de água para as cidades
 - “Concessões” de água (California) (\$\$)
- ◆ A agricultura fará opção por culturas de menor rentabilidade?
 - (menor risco de se perder muito)
- ◆ Culturas arbóreas (fruteiras e outras) serão menos cultivadas?
 - Secas podem causar prejuízos substanciais
 - menos hectares x preços altos (oferta-demanda)

Sob escassez hídrica causada por secas mais frequentes:

- ◆ Realocação permanente de água pode ir para usos mais críticos (maior valor)
 - cidades
 - indústria
 - geração de energia elétrica
 - Espécies ameaçadas
 - Culturas agrícolas mais rentáveis
- ◆ Quais serão os impactos sociais/culturais?

Sob escassez hídrica causada por secas mais frequentes:

◆ Opção por uso combinado (misturado) de água subterrânea (AgSb) e superficial (AgSp)

- Dinâmica do uso dos reservatórios de AgSb
- Bombeamento excessivo de AgSb durante as secas
- “Menor” bombeamento de AgSb durante períodos úmidos para recarga de aquíferos
- Necessidade de ações governamentais / planejamento / regulação / modelagem

Características/Aspectos Governamentais Desejáveis para Mitigação das Secas via “Controle sobre o Uso” da Água

- ◆ Tem que ter legislação e estrutura institucional formalizada para decidir sobre concessão de uso e cobrança
 - Com domínio (propriedade) sobre os direitos de uso (água é um bem público)
 - Com habilidade para delegar e transferir os direitos de uso no mercado
- ◆ Tem que ter visão de governo e liberdade para rever concessões e outorgas de uso, etc.
 - Para prevenir influências externas (gestão consciente)
- ◆ Não podemos tolerar a CORRUPÇÃO
 - Transparência absoluta nas ações de governo

Características/Aspectos Governamentais Desejáveis para Mitigação das Secas via “Controle sobre o Uso” da Água

◆ Sem regulação:

- Não há investimentos para aperfeiçoar o sistema de concessão e cobrança bem como a infraestrutura do estado
- Não há credibilidade no sistema por parte da sociedade
- Não há fluxo de caixa para compensar os custos do consumo (quando a agricultura irrigada temporariamente transfere o direito de uso da água para outros setores)

Características/Aspectos Governamentais Desejáveis para Mitigação das Secas via “Controle sobre o Uso” da Água

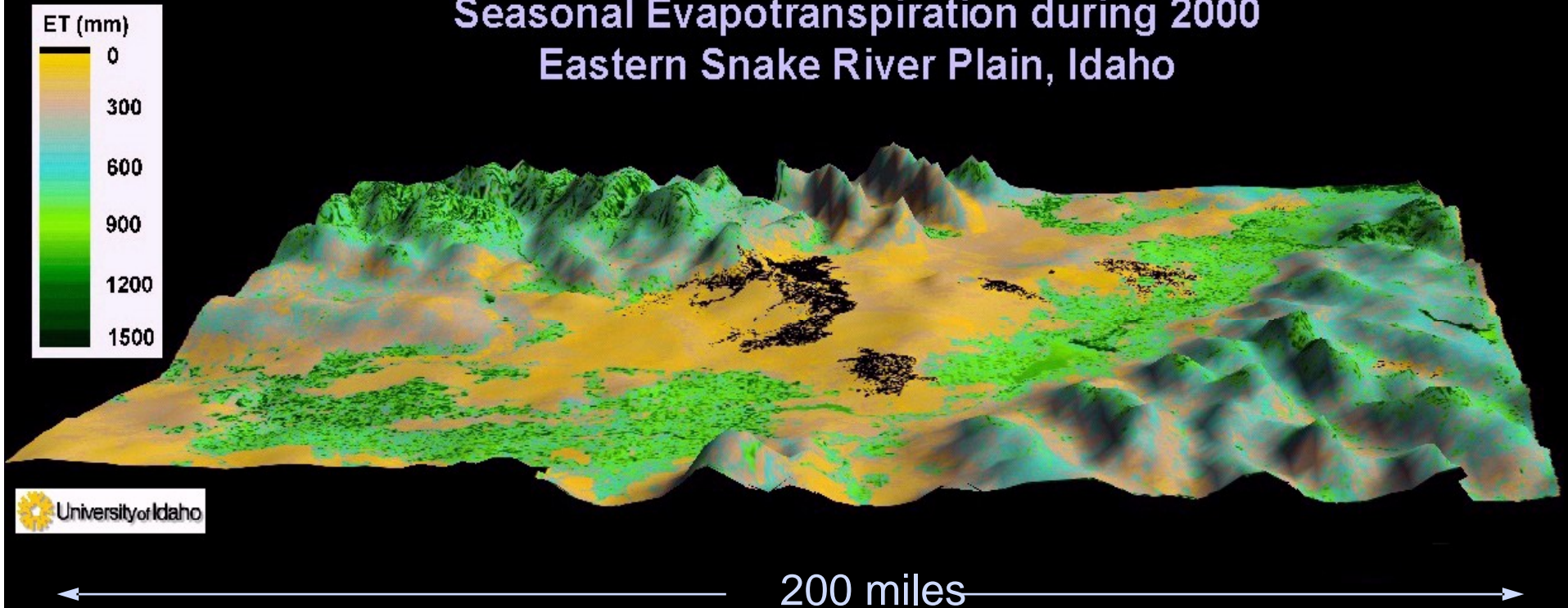
- ◆ O Governo tem que regular e controlar a “depleção” (esgotamento) média das águas subterrâneas
 - via contratação de serviços
 - Para que na média, recarga e “depleção” mantenham-se em níveis sustentáveis
- ◆ O Governo precisa policiar o uso e consumo do recurso água
 - e limitar quando usuários juniores (direito de uso recente) violam as regras do jogo (a limitação do uso é desagradável mas necessária)
- ◆ Limitação de uso de AgSb por usuários juniores no MV.

O Futuro vai Necessitar de Engenheiros de Irrigação

- ◆ Engenheiros de Irrigação são essenciais para:
 - Quantificar Requerimentos de Água
 - Projetar Sistemas de irrigação
 - Manejar Recursos Hídricos
 - Projetar Soluções em Cenários de Escassez
 - Produzir Mais Alimentos com Menos Água
- ◆ O mundo enfrentará déficit de Engenheiros de Irrigação
- ◆ Estudantes Brasileiros: “Façam as malas!!”

Thank you!!

Seasonal Evapotranspiration during 2000
Eastern Snake River Plain, Idaho



1.5 million hectares with 30 m resolution

Results of METRICtm for Southeastern Idaho