

MUDANÇAS CLIMÁTICAS E O SEMIÁRIDO BRASILEIRO O Papel da Embrapa Semiárido e Suas Ações de Pesquisa



ISSN 1808-9992

Dezembro, 2009

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Semiárido
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 223

Mudanças Climáticas e o Semiárido Brasileiro: o Papel da Embrapa Semiárido e Suas Ações de Pesquisa

*Francislene Angelotti
Iêdo Bezerra Sá
Vanderlise Giongo Petrere*

Embrapa Semiárido
Petrolina, PE
2009

Esta publicação está disponibilizada no endereço:

<http://www.cpatas.embrapa.br>

Exemplares da mesma podem ser adquiridos na:

Embrapa Semiárido

BR 428, km 152, Zona Rural

Caixa Postal 23 56302-970 Petrolina, PE

Fone: (87) 3862-1711 Fax: (87) 3862-1744

sac@cpatsa.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Maria Auxiliadora Coêlho de Lima

Secretário-Executivo: Josir Laine Aparecida Veschi

Membros: Daniel Terao

Tony Jarbas Ferreira Cunha

Magna Soelma Beserra de Moura

Lúcia Helena Piedade Kiill

Marcos Brandão Braga

Gislene Feitosa Brito Gama

Mizael Félix da Silva Neto

Supervisor editorial: Sidinei Anunciação Silva

Revisor de texto: Sidinei Anunciação Silva

Normalização bibliográfica: Sidinei Anunciação Silva

Tratamento de ilustrações: Nivaldo Torres dos Santos

Foto(s) da capa: José Clétis Bezerra, Elder Manuel M. Rocha, Ivan Sá Filho,

Francislene Angelotti, Iêdo Bezerra Sá, Marcelino Lourenço Ribeiro

Editoração eletrônica: Nivaldo Torres dos Santos

1ª edição (2009): Formato digital

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

É permitida a reprodução parcial do conteúdo desta publicação desde que citada a fonte.

CIP - Brasil. Catalogação na publicação

Embrapa Semiárido

Angelotti, Francislene. Mudanças climáticas e o Semiárido brasileiro: o papel da Embrapa Semiárido e suas ações de pesquisa / por Francislene Angelotti, Iêdo Bezerra Sá e Vanderlise Giongo Petrere. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2009.

26 p.: il. (Embrapa Semiárido. Série Documentos, 223).

1. Aquecimento global. 2. Mudanças climáticas. 3. Embrapa Semiárido - pesquisa. 4. Semiárido brasileiro. I. Título.

CDD 632.1

© Embrapa 2009

Autores

Francislene Angelotti

Engenheira agrônoma, D.Sc. em Agronomia,
pesquisadora da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE
fran.angelotti@cpatsa.embrapa.br

Iêdo Bezerra Sá

Engenheiro florestal, D.Sc. em Geoprocessamento,
pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE
iedo@cpatsa.embrapa.br

Vanderlise Giongo Petrere

Engenheira agrônoma, D.Sc. em Ciências do Solo,
pesquisadora da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE
vanderlise@cpatsa.embrapa.br

Apresentação

Atualmente, os cenários das mudanças climáticas vêm se constituindo em um grande desafio para a Ciência & Tecnologia. Diante disso, a Embrapa Semiárido tem realizado estudos visando à geração de conhecimentos técnico-científicos que contribuam para a compreensão, mitigação e adaptação dos efeitos das mudanças climáticas nas atividades agrícolas e nos recursos naturais.

Nesse sentido estão sendo realizados estudos para avaliação e quantificação dos impactos provocados pelas mudanças climáticas sobre os sistemas produtivos e o Bioma Caatinga. Estratégias de adaptação como conservação da água, o desenvolvimento de novas variedades resistentes aos estresses bióticos, como pragas e doenças, e abióticos, principalmente aqueles relacionados ao estresse hídrico, salino e a altas temperaturas, farão parte da agenda de pesquisas a serem realizadas, visando aumentar a capacidade produtiva da região. A valorização da exploração sustentável das espécies nativas também contribuirá para produção de alimentos para população e para os animais.

Além disso, trabalhos como manejo dos sistemas produtivos, manejo do solo e vegetação e os avanços na área de biocombustíveis estão sendo desenvolvidos para reduzir a emissão de gases de efeito estufa.

Com todos os esforços oriundos da pesquisa, poderemos contribuir para a elaboração de futuras políticas públicas voltadas para o desenvolvimento sustentável do Semiárido brasileiro.

Nataniel Franklin de Melo
Chefe Geral da Embrapa Semiárido

Sumário

Mudanças climáticas globais.....	6
O Semiárido brasileiro e as mudanças climáticas.....	11
Ações desenvolvidas pela Embrapa Semiárido frente às mudanças climáticas.....	14
Monitoramento das condições ambientais.....	14
Ações de mitigação e adaptação às mudanças climáticas na região semiárida.....	17
Perspectivas.....	21
Referências.....	24

Mudanças Climáticas e o Semiárido Brasileiro: o Papel da Embrapa Semiárido e Suas Ações de Pesquisa

Francislene Angelotti

Iêdo Bezerra Sá

Vanderlise Giongo Petrere

Mudanças climáticas globais

A atmosfera é constituída por uma mistura de gases, sendo 99% constituída por nitrogênio (N_2), oxigênio (O_2), e argônio (Ar). Vários outros gases também são encontrados em pequenas quantidades, como o dióxido de carbono (CO_2), o ozônio (O_3), o metano (CH_4) e o óxido nitroso (N_2O), que juntamente com o vapor d'água (H_2O), formam os conhecidos "gases de efeito estufa" (GEE) (Tabela 1). Os GEE absorvem a energia emitida pela Terra, impedindo que esta se dissipe para o universo. Este é um processo natural, onde a radiação solar incide na superfície da Terra e esta, por sua vez, emite radiação térmica. Parte deste calor é perdida para o espaço, e a outra parte é retida na atmosfera, o que faz com que a temperatura média do planeta fique em torno de 15 °C e as condições sejam favoráveis à vida na Terra. Assim, este efeito estufa natural atua como regulador térmico, impedindo o esfriamento do planeta (CARDOSO, 2006).

O aquecimento global é consequência do aumento da concentração dos GEE, ocasionando alterações contínuas da composição química da atmosfera ao longo do século 21 com efeitos persistentes por vários séculos. Dióxido de carbono, CH_4 e N_2O são os principais GEE. Atenção maior tem sido dada ao dióxido de carbono, uma vez que o volume de suas emissões para a atmosfera representa em torno de 60% do total das emissões de GEE. Nos últimos 250 anos, a concentração de CO_2 na atmosfera aumentou de 290 ppm (partes por milhão) para 379 ppm, com previsão de chegar a 580 ppm em 2100, o que seria o dobro da concentração existente na atmosfera antes da industrialização (Figura 1).

Tabela 1. Principais gases da composição da atmosfera.

Gases	Símbolo	Porcentagem (volume)
Nitrogênio	N ₂	78,08
Oxigênio	O ₂	20,95
Argônio	Ar	0,93
Vapor d' água	H ₂ O	0 a 4
Dióxido de carbono	CO ₂	0,037 = 368 ppm
Metano	CH ₄	0,00017 = 1,7 ppm
Óxido nitroso	N ₂ O	0,00003 = 0,3 ppm
Ozônio	O ₃	0,000004
Clorofluorcarbono	CFC	0,00000002

Fonte: Ahrens (1991).

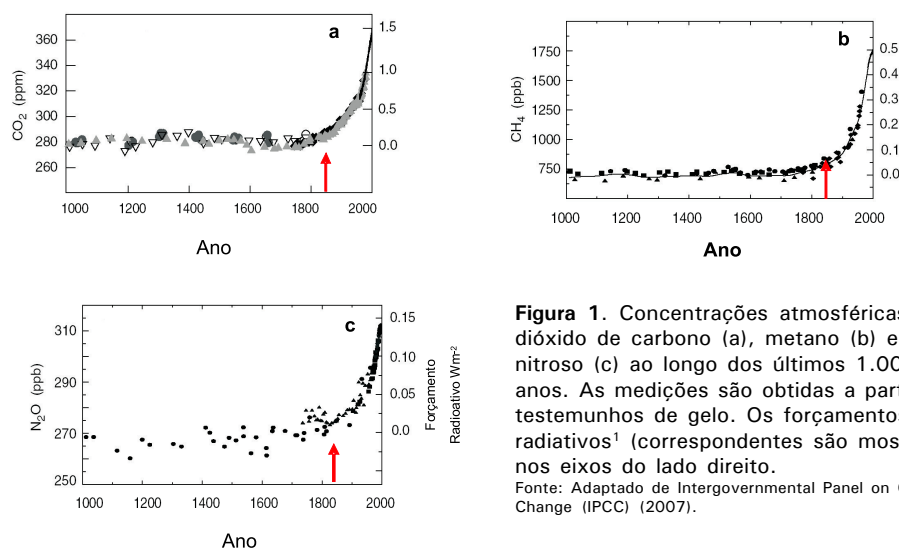


Figura 1. Concentrações atmosféricas de dióxido de carbono (a), metano (b) e óxido nitroso (c) ao longo dos últimos 1.000 anos. As medições são obtidas a partir de testemunhos de gelo. Os forçamentos radiativos¹ (correspondentes são mostrados nos eixos do lado direito).

Fonte: Adaptado de Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007).

¹O forçamento radiativo é uma medida da influência de um fator na alteração do equilíbrio da energia que entra e sai do sistema Terra-atmosfera e é um índice da importância do fator como possível mecanismo de mudança do clima.

O aumento global da concentração de CO_2 deve-se, principalmente, ao uso de combustíveis fósseis e à mudança no uso da terra. Já o aumento da concentração de CH_4 e N_2O é devido, principalmente, à agricultura (Tabela 2) (IPCC, 2007).

De acordo com o Inventário Brasileiro sobre os Gases do Efeito Estufa, as queimadas e desmatamentos no Brasil respondem por 75% das emissões de CO_2 , enquanto a utilização de combustíveis pela indústria e transporte responde por 25% (BRASIL, 2008).

Tabela 2. Principais gases relacionados com o aumento do efeito estufa e suas fontes.

Gás	Fontes
CO_2	O dióxido de carbono é proveniente da queima de combustíveis fósseis (carvão mineral, petróleo, gás natural, turfa), queimadas em áreas florestais e desmatamentos.
CH_4	O metano é produzido por meio da decomposição anaeróbica ou da queima de substância orgânica (aterros sanitários), por bactérias no aparelho digestivo do gado, plantações de arroz inundadas, mineração e queima de biomassa.
N_2O	O óxido nitroso é liberado por microorganismos no solo (por um processo denominado nitrificação). A concentração deste gás na atmosfera tem aumentado devido ao uso de fertilizantes químicos, à queima de biomassa, ao desmatamento e às emissões de combustíveis fósseis.
CFCs	Os clorofluorcarbonetos são obtidos a partir da halogenação do CH_4 , onde os hidrogênios dos hidrocarbonetos são substituídos por cloro e flúor. São utilizados como propelentes em aerossóis e extintores, gases de refrigeração e solventes. Quando emitidos para a atmosfera favorecem a degradação da camada de ozônio.
O_3	O ozônio é formado, na baixa atmosfera, pela dissociação de oxigênio por radiação solar ultravioleta com comprimento de onda menor que 242,5 nm, e pela presença de precursores, como NOX e hidrocarbonetos produzidos pelas usinas termoeletricas, uso de solventes, queimadas e pelos motores de combustão interna.

Fonte: IPCC (2007); PROCLIMA (2008).

O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (*Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC*) concluiu, em seu quarto relatório, que o aumento da concentração dos GEE na atmosfera pode elevar a temperatura média do ar no planeta entre 1,8 °C a 6,4 °C nos próximos 100 anos. Observou-se que, durante o século 20, a temperatura média da atmosfera aumentou em torno de 0,6 °C $\pm$ 0,2 °C. A década de 1990 foi a mais quente desde que as primeiras aferições foram efetuadas no final do século 19 (IPCC, 2007).

A previsão de impactos econômicos e socioambientais decorrentes do aquecimento global indica que todas as regiões do mundo serão afetadas (IPCC, 2007). Caso não sejam tomadas medidas necessárias para reverter este processo, o futuro do planeta pode estar ameaçado. O aumento da temperatura do ar nos últimos anos, juntamente com o derretimento de geleiras nos polos, e a elevação do nível do mar são algumas das consequências do aquecimento global. A Figura 2 apresenta algumas delas.

As primeiras projeções de clima para o Brasil usando modelos regionais sugerem a possibilidade de eventos climáticos extremos mais frequentes. Secas ocasionais e secas severas de longos períodos podem ser causadas ou agravadas pela influência humana sobre o meio ambiente - redução da cobertura vegetal, mudança de albedo, mudanças climáticas locais, efeito estufa, etc. Os cenários futuros utilizando estes modelos devem ser abordados na pesquisa para elaboração de estratégias de mitigação e adaptação aos impactos das mudanças climáticas.

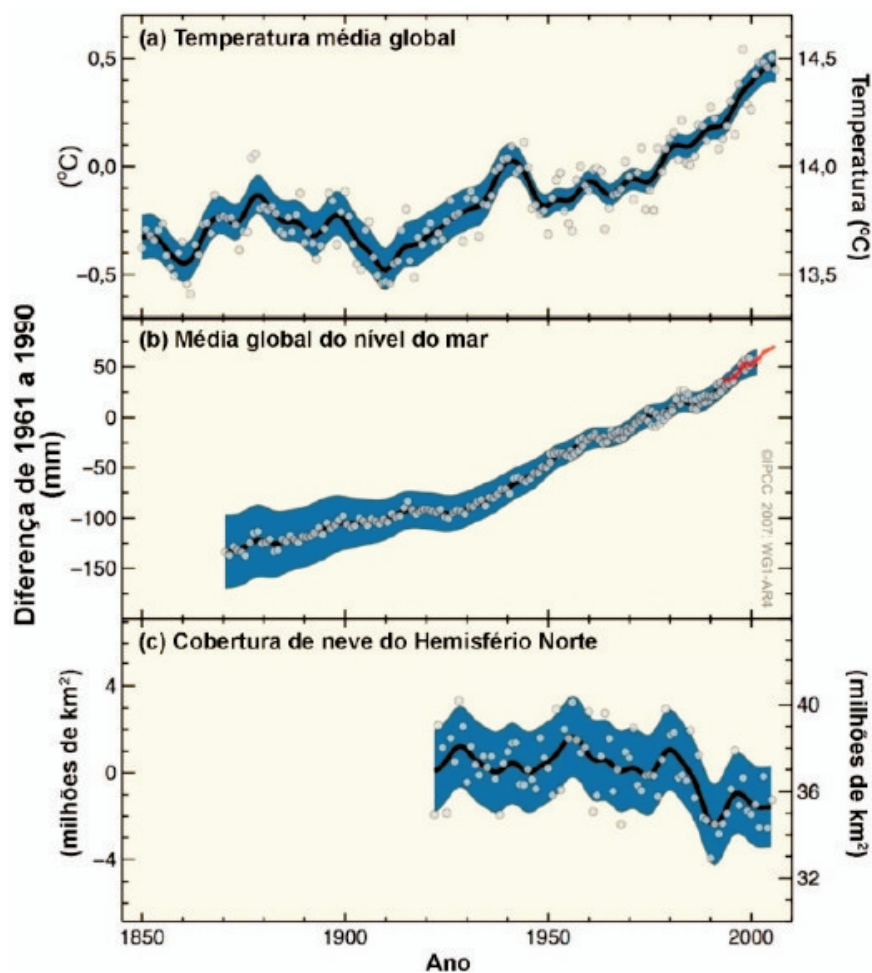


Figura 2. Mudanças na temperatura média global da superfície (a), média global da elevação do nível do mar (b) e cobertura de neve do Hemisfério Norte no período de março a abril (c). Todas as mudanças são relativas às médias correspondentes para o período de 1961 a 1990. As curvas suavizadas representam valores médios decenais, enquanto que os círculos indicam valores anuais. As áreas sombreadas são os intervalos estimados com base em uma análise abrangente das incertezas conhecidas (a e b) e nas séries temporais (c).

Fonte: IPCC (2007).

O Semiárido brasileiro e as mudanças climáticas

O Semiárido brasileiro é uma região caracterizada por elevadas temperaturas - temperaturas médias anuais de 23 °C a 27 °C - e pela irregularidade no regime pluviométrico, com concentração de chuvas nos quatro primeiros meses do ano, insolação média de 2800 h ano⁻¹, evaporação de 2.000 mm ano⁻¹ e umidade relativa do ar média em torno de 50% (MOURA et al., 2007).

A região semiárida ocupa uma área de 982.563 km², estendendo-se desde o litoral norte, no Ceará e no Rio Grande do Norte, até o norte de Minas Gerais, incluindo os estados da Paraíba, Pernambuco, Piauí, Bahia, Alagoas e Sergipe.

O regime pluviométrico da região apresenta duas estações bem distintas: a chuvosa, com duração de 3 a 5 meses, e a seca, com duração de 7 a 9 meses. Tais condições, dentre outras, determinam o sucesso da atividade agropecuária. De acordo com Marengo (2006), nesta região sempre ocorreram grandes secas ou grandes cheias. Sendo que, a cada 100 anos, têm-se aproximadamente 20 anos de seca.

O Bioma Caatinga é o ecossistema predominante na região semiárida. Sua vegetação é composta, principalmente, por arbustos e arvoredos, abrigando espécies com grande valor científico como umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda), mororó (*Bauhinia variegata* L), aroeira (*Astronium urundeuva*), baraúna (*Schinopsis brasiliensis* Engl.), quixabeira (*Bumelia sartorum* Mart), umburana (*Amburana cearensis*), maracujá-do-mato (*Passiflora cincinnata* Mast.) , maniçoba (*Manihot glaziovii* Muell. Arg.), faveleira (*Cnidoscolus quercifolius*), entre outras; caracterizadas pela rusticidade e tolerância a salinidade, ao estresse hídrico e a altas temperaturas. A maior parte das plantas deste bioma apresenta mecanismos adaptativos, como folhas transformadas em espinhos, cutículas altamente impermeáveis, caules suculentos, queda das folhas na estação seca para reduzir perda de água e a presença de sistemas radiculares bem desenvolvidos para o aumento da capacidade de absorção da água do solo (ANDRADE-LIMA, 1981).

As diversas características de clima, vegetação e de solo, associadas às necessidades de sobrevivência da população, têm causado impactos ambientais, sociais e econômicos no Semiárido brasileiro. Os impactos ambientais são evidenciados pela destruição da biodiversidade, pela diminuição da disponibilidade de recursos hídricos, pelo assoreamento de rios e reservatórios, e pela perda de solos que, dentre outros fatores, contribuem para a redução do potencial biológico da terra e, conseqüentemente, da produtividade agropecuária. A degradação dos solos associada com a desertificação tem relevância mundial, implicando nas estruturas sociais e econômicas.

Além disso, estudos recentes descrevem o Semiárido como uma das regiões brasileiras mais afetadas pelas mudanças climáticas. Os impactos devido ao aumento de temperatura e anomalias na precipitação poderão alterar a produção das culturas, os recursos hídricos, o manejo de irrigação, a biodiversidade, o Bioma Caatinga e o processo de desertificação.

Segundo o relatório do IPCC (2007), no Brasil, a região semiárida será uma das mais afetadas pelas mudanças climáticas globais. Tendo em vista esse problema, pesquisadores do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) têm desenvolvido modelos regionais para cenários futuros com maior resolução, para o Brasil. Estes cenários climáticos são baseados em diferentes projeções de emissões de GEE e suas interações com o aumento populacional e desenvolvimento socioeconômico, e são classificados em A1, A2, B1 e B2 (Tabela 3). Tais modelos indicam que a temperatura poderá aumentar de 1,5 °C a 2,5 °C para o cenário B2 e em até 3 °C ou 5,5 °C para o cenário A2, até o final do século 21. Com o aquecimento, haverá aumento na evapotranspiração com conseqüente redução da disponibilidade hídrica (MARENGO, 2006). Na Tabela a seguir, apresenta-se o significado de cada um dos cenários climáticos descritos pelo IPCC.

Tabela 3. Cenários climáticos do IPCC.

Cenários	Descrição
Cenário A1	Descrevem um futuro de crescimento econômico muito rápido, onde a globalização é dominante com a introdução de tecnologias novas e mais eficientes. Há três cenários: A1, A1F (máximo uso de combustível fóssil) e A1T (mínimo uso de combustível fóssil);
Cenário A2	Descreve um mundo heterogêneo onde a regionalização é dominante, crescimento populacional alto e menos preocupação com desenvolvimento rápido;
Cenário B1	Descreve uma mudança rápida na estrutura econômica mundial com a introdução de tecnologias limpas. A ênfase está em soluções globais e sustentabilidade social e ambiental;
Cenário B2	Descreve um mundo em que a ênfase está nas soluções locais, sustentabilidade econômica, social e ambiental. Com iniciativas comunitárias e inovação social em lugar de inovações globais.

Fonte: IPCC (2007).

Os cenários futuros sinalizam para a tendência de estiagem no Nordeste, apontando para maior aridez da região semiárida até final do século 21. O balanço hídrico realizado por meio de temperatura e precipitação com as médias dos valores dos modelos do IPCC (2007), sugere redução dos índices pluviométricos na estação chuvosa e maiores deficiências de umidade do solo ao longo do ano (MARENGO, 2006).

Os aumentos de temperatura do ar entre 1,5 °C e 5 °C, como previstos nos modelos propostos por Marengo (2006), aumentariam a deficiência hídrica no Semiárido, afetando, consideravelmente, o consumo de água, humano e animal, bem como as atividades dependentes de chuva. Por outro lado, a ocorrência de eventos extremos pode resultar em maiores incidências de chuvas torrenciais e enchentes promovendo severos impactos socioambientais, com aumento na frequência de dias secos consecutivos, ondas de calor e veranicos.

No cenário pessimista de aumento de temperatura do ar (+ 5 °C), o Semiárido brasileiro poderá se tornar uma região árida (MARENGO, 2006). Salazar et al. (2007), confirmam - em maior ou menor grau - um quadro de desertificação do Semiárido brasileiro no período de 2090-2099, o que influenciaria diretamente nas características e distribuição da vegetação.

Ações desenvolvidas pela Embrapa Semiárido frente às mudanças climáticas

Criada em junho de 1975, a Embrapa Semiárido dispõe de um acervo de tecnologias que combina a valorização da biodiversidade, dos espaços rurais e da segurança alimentar, que têm apoiado atividades agrícolas sustentáveis nas mudanças na gestão pública. Estas tecnologias são referências para se estabelecer estratégias para a solução de problemas relacionados às alterações provocadas pelo aquecimento do planeta.

As ações de combate ao aquecimento global estão institucionalizadas na Embrapa Semiárido de duas maneiras: uma com o estabelecimento de um grupo de pesquisa em mudanças climáticas que incluiu a contratação de especialista no tema; e a inclusão do assunto no principal instrumento planejamento estratégico da Unidade, o Plano Diretor da Unidade para 2008-2011-2023. Assim, o impacto do aumento da concentração dos GEE e da elevação da temperatura sobre atividades agrícolas, diversidade ambiental e segurança alimentar estão sendo considerados nas atividades de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação, contribuindo para a compreensão, mitigação e adaptação sustentável da ação humana sobre os recursos naturais.

Monitoramento das condições ambientais

Para o monitoramento dos efeitos das mudanças climáticas na região semiárida do Brasil, a Embrapa Semiárido instalou uma rede com sete estações agrometeorológicas. Os dados coletados são essenciais para análises de séries históricas e para estimativas de condições futuras. As estações estão equipadas com sensores para monitorar a temperatura e a

umidade relativa do ar, a temperatura do solo, a velocidade e a direção dos ventos, a radiação solar, o saldo de radiação e fluxo de calor no solo, o número de horas de molhamento foliar e a precipitação.

No site da Embrapa Semiárido - www.cpatsa.embrapa.br - as informações estão disponíveis, sendo fundamentais na operação de sistemas tecnológicos modernos, em especial na agricultura irrigada. Com base nestas informações, pode-se fazer o uso racional da água na irrigação e boas práticas de manejo das culturas agrícolas, subsidiando a tomada de decisões nos empreendimentos agrícolas de pequeno, médio e grande porte.

Modelos de risco climáticos têm sido gerados para culturas como uva, manga, palma forrageira, e milho e feijão consorciados. A partir destes modelos é possível fazer o zoneamento de riscos climáticos visando recomendações para o crédito agrícola e o seguro rural, com ênfase para culturas e sistemas de produção típicos de produtores de base familiar, culturas bioenergéticas - cana-de-açúcar - e sistemas de integração pecuária-lavoura. A partir dos zoneamentos já realizados serão gerados cenários futuros das culturas, permitindo avaliar os impactos das mudanças climáticas sobre os atuais sistemas de produção.

Com a parceria entre a Embrapa Semiárido e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), foi instalado um sistema de coleta de dados climáticos, solares e eólicos em Petrolina, PE - Projeto SONDA – Sistema de Organização Nacional de Dados Ambientais. Entre as metas, está a organização de uma rede de coleta de dados atmosféricos em diversos sítios selecionados no Brasil com diferentes características climáticas e ambientais. Uma base de dados de acesso público vem sendo criada para a validação de modelos climáticos e para o levantamento de recursos de energia renováveis, principalmente solar e eólico (Figura 3).



Fotos: Francislene Angelotti.

Figura 3. Coleta de dados de radiação solar e velocidade do vento em Petrolina, PE.

Além disso, a parceria entre a Embrapa Semiárido e o INPE tem proporcionado a realização do Monitoramento Climático da Caatinga, um estudo de modelagem sobre o papel da umidade do solo à melhoria da previsão de tempo e de clima para a América do Sul, no qual têm sido realizados estudos sobre variação dos elementos climáticos, como temperatura e umidade relativa do ar, precipitação, componentes do balanço de radiação e de energia, albedo, vapor d'água, CO_2 , temperatura e umidade do solo. Por meio dos dados coletados têm sido realizados estudos de trocas de energia e fluxo de carbono entre a vegetação da Caatinga e atmosfera no Nordeste brasileiro. Resultados já obtidos por Oliveira et al. (2005), demonstraram que o ecossistema Caatinga atua como sumidouro de CO_2 no início da estação seca, quando o solo ainda contém umidade decorrente da estação chuvosa anterior, bem como na estação chuvosa.

A Embrapa Semiárido também está envolvida em projetos do Núcleo de Desertificação de Cabrobó, PE, buscando minimizar os impactos ambientais causados por meio da destruição da biodiversidade; da diminuição da disponibilidade de recursos hídricos, por meio do assoreamento de rios e reservatórios, e da perda física e química dos solos. Como resultado, busca-se aumentar a capacidade produtiva da

terra, aumentando a produtividade agrícola. Além disso, desenvolveu-se trabalhos com imagens de satélites e sistema de informação geográfica por meio do mapeamento da cobertura vegetal e do uso do solo do Bioma Caatinga, os quais darão suporte técnico para o estabelecimento de novas áreas agrícolas, priorizando os ambientes passíveis de ações de conservação pelo Sistema Nacional de Unidade de Conservação, do Ministério do Meio Ambiente.

Ações de mitigação e adaptação às mudanças climáticas na região semiárida

Buscando a redução da emissão de gases de efeito estufa, pesquisadores têm adotado práticas de manejo e de recuperação de áreas degradadas, bem como práticas para o uso racional dos recursos hídricos na agropecuária da Bacia do Rio São Francisco. Existem, ainda, estudos sobre o acúmulo e manutenção do carbono nos sistemas produtivos e a adoção de medidas eficazes para a redução das queimadas e desmatamentos dos ecossistemas naturais. Entre elas, a adoção de sistemas conservacionistas de manejo do solo, como o não revolvimento do solo, associado ao retorno de resíduos vegetais e rotação de culturas, tem se constituído como a principal alternativa para diminuir a emissão de CO₂ e recuperação da matéria orgânica dos solos tropicais.

Estudos sobre o balanço de carbono e nitrogênio em diferentes sistemas antropizados vêm sendo realizados, envolvendo tanto áreas de sequeiro como áreas irrigadas, tendo como sistemas comparativos a Caatinga preservada e a Caatinga degradada. As atividades avaliam o estoque e a dinâmica de carbono e nitrogênio no sistema solo-planta-atmosfera, e por meio dos resultados obtidos será possível ampliar as bases científicas e tecnológicas para dar continuidade aos estudos abrangendo as demais áreas e, assim, estimar o impacto do Bioma Caatinga e de sua antropização no aquecimento global. Também será possível desenvolver sistemas de manejo de solo e de culturas que favoreçam o acúmulo de carbono e nitrogênio no solo, promovendo um balanço positivo e diminuindo a emissão de GEE.

Avaliam-se, na área de agroenergia, a produtividade de espécies oleaginosas, entre elas o pinhão manso e a mamona cultivados na região semiárida do Nordeste brasileiro. A produção de pinhão manso em área irrigada, no primeiro ano, foi de 1 200 Kg/ha e em área de sequeiro 300 Kg/ha. No entanto, já se consegue produtividade em torno de 3600 Kg/ha. A mamona em área irrigada apresentou produtividade de 3000 Kg/ha e em área de sequeiro 800 Kg/ha (DRUMOND et al., 2008).

A produção de plantas para produção de biodiesel terá a vantagem de emitir menos CO₂, sendo uma alternativa ao uso de combustíveis fósseis. Estudos para o aumento da oferta de matéria prima de base florestal sustentável na região do Araripe, também estão sendo desenvolvidos como alternativa à utilização de combustíveis fósseis (Figura 4). Este estudo contempla o zoneamento de uma região de aproximadamente 18.000 Km no extremo oeste do Estado de Pernambuco, onde está localizado o maior polo de exploração de gesso do Brasil. A atividade industrial de exploração e beneficiamento do minério gipsita promove, na atualidade, graves problemas ambientais pela utilização em grande escala da vegetação nativa em seus fornos de desidratação do minério. O zoneamento conduzido pela Embrapa Semiárido verificou que a região ainda tem um grande potencial de exploração sustentável dos recursos florestais. A pesquisa aponta e quantifica as áreas passíveis de implantação de florestas energéticas, áreas com viabilidade de exploração no modelo de Manejo Florestal Sustentável e as áreas que devem sofrer uma intervenção imediata de recuperação.

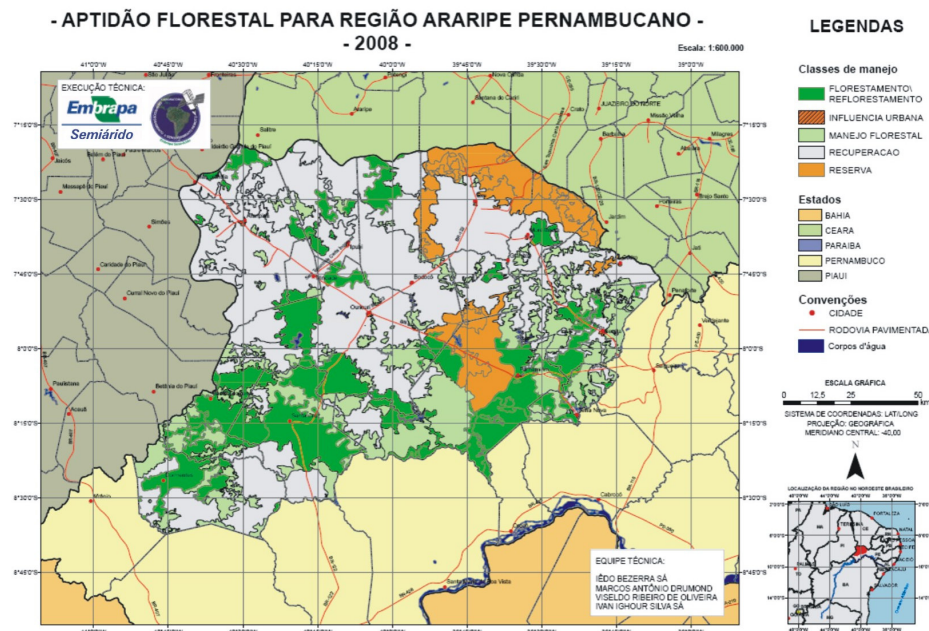
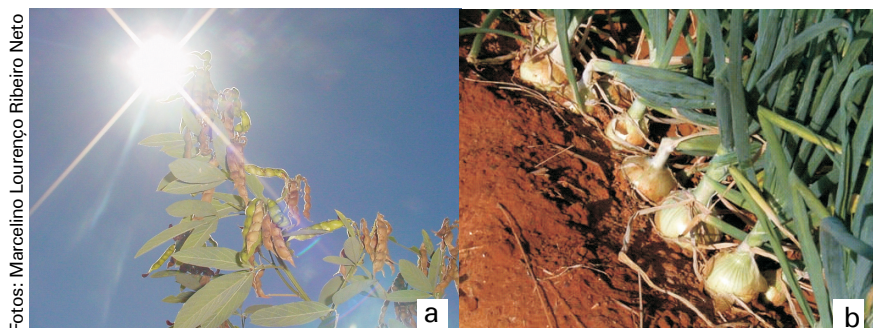


Figura 4. Mapa da aptidão florestal na região do Araripe pernambucano.

Com base na prospecção de cenários agrícolas futuros verifica-se a queda da produtividade de culturas como mandioca, milho e feijão, importantes para a Região Nordeste (DECONTO, 2008). E ainda, os cenários climáticos futuros apontam para uma redução na precipitação. Assim, as estratégias de convivência com a seca continuarão sendo ferramentas importantes na conservação da água para população. Entre as tecnologias de convivência com o Semiárido, pode-se destacar o uso de barragem subterrânea, a irrigação de salvação e a captação de água in situ, cisternas domiciliares e rurais. Com a utilização da barragem subterrânea, por exemplo, quantidades expressivas de água da chuva são armazenadas no solo, dando maior segurança aos plantios dependentes de chuvas (BRITO et al., 1989). Nas barragens subterrâneas podem ser exploradas uma gama de culturas

tradicionais para a região, como milho, feijão, sorgo, capim, algodão, mandioca, hortaliças, fruteiras, entre outras. Resultados de pesquisa demonstraram que, com manejo correto do solo, as barragens, após 22 anos de implantação, não apresentaram problema de salinização, proporcionando a exploração agrícola viável, minimizando os riscos da agricultura dependente de chuva (SILVA et al., 2006). A captação de água de chuva in situ que consiste na modificação da superfície do terreno de modo a formar um plano inclinado entre dois sulcos sucessivos, tem proporcionado aos agricultores da região o cultivo de culturas anuais, como milho e caupi, em anos de precipitações pluviométricas irregulares (SILVA et al., 1989). A água da chuva que cai, fica acumulada ao longo do sulco e se infiltra em maior quantidade na área do solo onde se encontram as raízes da plantas.

Como medida de adaptação, a Unidade também tem desenvolvido variedades resistentes à seca e a altas temperaturas. Estas pesquisas serão de extrema importância nos cenários futuros, podendo-se utilizar estas variedades como alternativas a produtores da região semiárida e de outras regiões do País. Assim, na área de melhoramento genético, destaca-se o lançamento de variedades de feijão, como o Guandu Petrolina, resistente à seca e com índice significativo de vitamina A, além de alcançar a fase de produção de grãos mais precocemente (ARAÚJO et al., 2007) (Figura 5). Outra cultivar gerada foi o Guandu Taipeiro, adaptado ao regime irregular de chuvas do Semiárido, com bom potencial produtivo e forrageiro (ARAÚJO, et al., 2000). Além de apresentar uma relação folha x caule adequada, tem capacidade de retenção de folhas e presença desejável de caules finos e tenros, o que evidencia sua qualidade forrageira. Ainda nesta linha de pesquisa, desenvolveu-se a cebola Alfa São Francisco (COSTA et al., 2005), resistente à temperaturas elevadas e implantaram-se os sítios de fenotipagem para caracterização de germoplasma de milho e sorgo adaptados à seca.



Fotos: Marcelino Lourenço Ribeiro Neto

Figura 5. Feijão Guandu Petrolina (a); Cebola Alfa São Francisco (b).

Pesquisa com espécies nativas da Caatinga poderá ser uma excelente alternativa para produção de alimentos para população e para os animais. A ideia de aproveitar o potencial produtivo de plantas tolerantes à seca poderá minimizar os problemas causados pela baixa produção de plantas exóticas. Nesse sentido, pesquisadores têm trabalhado com forrageiras nativas como faveleira, mororó, maniçoba, pornunça e mandacaru como uma alternativa para alimentação animal, frente aos novos cenários agrícolas (OLIVEIRA et al., 1981; ARAÚJO et al., 2001; ARAÚJO; MOREIRA, 2006). Também têm sido criados bancos ativos de germoplasma de espécies de *Passiflora*, de umbuzeiro e outras Spondias com tolerância à seca. Assim, além da manutenção das espécies endêmicas adaptadas aos estresses hídrico, salino e à altas temperaturas, as mesmas poderão ser utilizadas para a obtenção de genes usados no melhoramento de plantas, permitindo, assim, encontrar alternativas para o aumento da produção de alimentos.

Perspectivas

A Embrapa propôs, em janeiro de 2007, a criação de uma rede de pesquisa visando analisar, de maneira integrada, os impactos das mudanças climáticas globais na agricultura brasileira por meio de modelagem matemática e elaboração de propostas de mitigação e adaptação como ferramenta de suporte à decisão. A esta rede foi dado o nome de Plataforma em Mudanças Climáticas (Figura 6), na qual estão inseridos diversos pesquisadores da região semiárida.

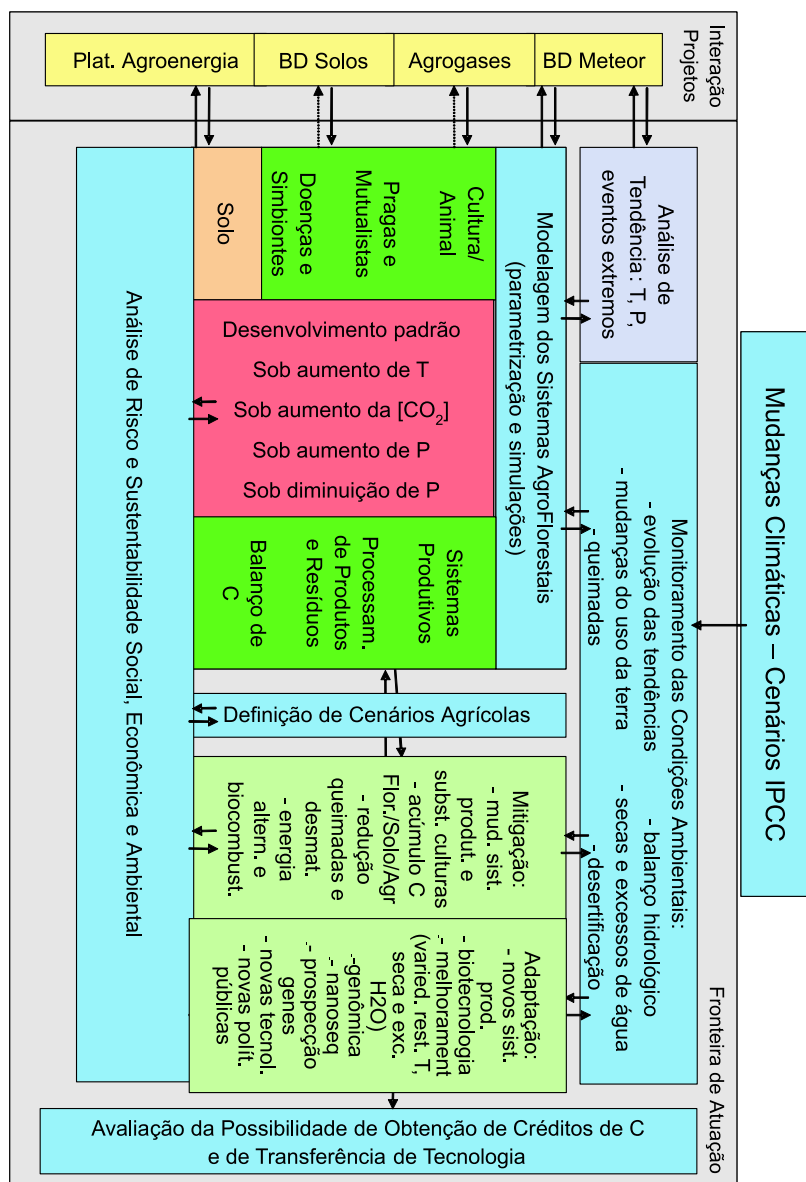


Figura 6. Representação esquemática da Plataforma em Mudanças Climáticas da Embrapa.
Fonte: Pellegrino et al. (2007).

As ações de pesquisa da plataforma compreenderão o monitoramento dos indicadores das mudanças climáticas globais, atividades de modelagem matemática dos sistemas produtivos e simulação de cenários, permitindo uma melhor compreensão dos efeitos das alterações climáticas que já podem ser detectadas para o Semiárido brasileiro. Deverão ser realizadas análises de tendência da temperatura, precipitação e eventos climáticos extremos, e o monitoramento de sua evolução ao longo dos próximos anos. Embora essas análises dependam de séries longas de dados, com auxílio do Agritempo e de outros bancos de dados meteorológicos, será possível selecionar estações meteorológicas com número de anos suficiente para serem representativas da região semiárida.

A geração de cenários futuros servirão para avaliar o impacto das mudanças no desenvolvimento das culturas ou animais, na ocorrência de pragas, doenças, microrganismos do solo etc. Estes estudos poderão propiciar a análise de medidas de mitigação ou adaptação, dando suporte na tomada de decisões. Um ponto essencial para estudos futuros é a integração entre diversas entidades para a concentração e geração de conhecimento sobre os efeitos das mudanças climáticas.

Dentro deste contexto, o entendimento sobre os impactos que as mudanças climáticas globais poderão causar no Semiárido brasileiro, em seus mais variados aspectos: ar, solo, água, economia, áreas de risco à ocupação humana, biodiversidade, entre outros, é de extrema importância para todos. Da mesma forma, as causas e as consequências da desertificação, a degradação ambiental e a situação atual dos recursos naturais no Semiárido, são assuntos complexos e que precisam ser explorados. Além disso, é importante que as perspectivas de pesquisas estejam sintonizadas com as tendências climáticas do Semiárido objetivando-se o estabelecimento de medidas de mitigação e soluções sobre possíveis adaptações às mudanças climáticas, principalmente no que se refere à conservação dos recursos naturais, produtividade agrícola e qualidade de vida da população.

A partir destes conhecimentos poderão ser elaboradas políticas públicas visando o desenvolvimento sustentável do Semiárido brasileiro, decorrente da necessidade de aumentar a capacidade adaptativa da sociedade e da economia regional frente às mudanças climáticas.

Referências

AHRENS, C. D. **Meteorology today**. St. Paul: West Publ. Co., 1991.

ANDRADE-LIMA, D. The Caatinga's dominium. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 4, p. 149-153, 1981.

ARAUJO, F. P. de; MENEZES, E. A.; SANTOS, C. A. F. **Recomendação de variedade de guandu forrageiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2000. 4 p. (Embrapa Semi-Árido. Instruções Técnicas, 25).

_____. **Guandu Petrolina**: uma boa opção para sua alimentação. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007. 19 p. (ABC da Agricultura Familiar, 14).

ARAUJO, G. G. L. de; ALBUQUERQUE, S. G. de; GUIMARAES FILHO, C. Opções no uso de forrageiras arbustivo-arbóreas na alimentação animal no Semi-Árido do Nordeste. In: CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; CARNEIRO, J. da C. (Ed.). **Sistemas agroflorestais pecuários**: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite; Brasília, DF: FAO, 2001. cap.6, p. 111-137.

ARAÚJO, G. G. L. de; MOREIRA, J. N. Uso sustentável do recurso forrageiro nativo e de fontes alternativas para alimentação de caprinos e ovinos no Semi-Árido brasileiro. In: TALLER de metodologias: manejo de la vegetación nativa para la producción de ruminantes menores en la zonas áridas de Latino América. Fortaleza: Embrapa Caprinos: ICARDA, 2006. 1 CD-ROM.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. As emissões no Brasil e o processo de aprimoramento de inventários. In: PLANO Nacional de Mudanças do Clima. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=169>>. Acesso em 20 dez. 2008.

BRITO, L. T. de L.; SILVA, A. de S.; MACIEL, J. L.; MONTEIRO, M. A. R. **Barragem subterrânea I**: construção e manejo. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1989. 38 p. (EMBRAPA-CPATSA. Boletim de Pesquisa, 36).

CARDOSO, F. **Efeito estufa: por que a Terra morre de calor.** São Paulo: Mostarda, 2006. 95 p.

COSTA, N. D.; SANTOS, C. A. F.; QUEIÓZ, M. A. de; ARAÚJO, H. M. de; OLIVEIRA, V. R. de; MENDONÇA, J. L. de; CANDEIA, J. A. Alfa São Francisco: variedade de cebola para cultivo de verão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 23, n. 2, ago. 2005. 1 CD-ROM. Suplemento.

DECONTO, J. G. (Coord.). **Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil.** Campinas: Embrapa Informática Agropecuária: Unicamp, 2008. 82 p. il., color.

DRUMOND, M. A.; ARRUDA, F. P. de; ANJOS, J. B. dos. **Pinhão-mansô (*Jatropha curcas* L.).** Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2008. 15 p.: il. (Embrapa Semi-Árido. Documentos, 212).

INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2007: synthesis report: summary for policymakers, contribution of working groups I–III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade:** caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. Brasília, DF: MMA, 2006. 202 p. (Série Biodiversidade, v. 26).

MOURA, M. S. B. de; SOARES, J. M.; GURGEL, M. T.; SILVA, T. G. F. Balanço de energia na cana-de-açúcar irrigada no Submédio São Francisco. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 27., 2007, Mossoró. **Agricultura irrigada no Semi-Árido:** anais. Mossoró: ABID: Governo do Estado do Rio Grande do Norte, 2007. 1 CD-ROM.

OLIVEIRA, M. C. de; ALBUQUERQUE, S. G. de; SILVA, C. M. M. S. Avaliação indireta da produtividade de forrageiras arbustivas e arbóreas exóticas e nativas da caatinga. In: REUNIAO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 18., 1981, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBZ, 1981. p. 11.

OLIVEIRA, M. B. L.; SANTOS, A.; MANZI, A. O.; CORREIA, M. de F.; MOURA, M. S. B. de. Análises das trocas de energia, radiação e de carbono no Semi-Árido nordestino. In: CONGRESSO ARGENTINO DE METEOROLOGIA, 9., 2005, Buenos Aires. **Tiempo, clima, agua y desarrollo sostenible:** [anales]. Buenos Aires: Centro Argentino de Meteorólogos, 2005. 1 CD-ROM.

PELLEGRINO, G. Q.; ASSAD, E. D.; MARIN, F. R. Mudanças climáticas globais e a agricultura no Brasil. **Revista MultiCiência**, [Campinas], n. 8, p. 139-162, 2007.

PROCLIMA. **Gases do efeito estufa.** Disponível em: <http://homologa.ambiente.sp.gov.br/proclima/efeito_estufa/gases_fontes.asp>. Acesso em: 5 dez. 2008.

SALAZAR, L. F.; NOBRE, C. A.; OYAMA, M. D. Climate change consequences on the biome distribution in tropical South América. **Geophysical Research Letters**, [Washington], v. 34, 2007.

SILVA, A. de S.; PORTO E. R.; BRITO, L. T. de L.; MONTEIRO, M. A. R. Captação de água de chuva *in situ* I: comparação de métodos da região semi-árida brasileira. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido. **Captação de água de chuva *in situ***: comparação de métodos e densidade de plantio. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1989. p. 5-24. (EMBRAPA-CPATSA. Boletim de Pesquisa, 35).

SILVA, M. S. L. da; ANJOS, J. B. dos; BRITO, L. T. de L.; SILVA, A. de S.; PORTO, E. R.; HONÓRIO, A. P. M. **Barragem subterrânea**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2006. (Embrapa Semi-Árido. Instruções técnicas, 75).



Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento

