



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.  
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

## SECA, PRECIPITAÇÃO E CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO DE SERGIPE.

Maria José dos Santos<sup>1</sup>; Lincoln Eloi Araujo<sup>2</sup>; Edinete Maria Oliveira<sup>3</sup>;  
Bernardo Barbosa Silva<sup>4</sup>

---

### RESUMO

A política da água no Nordeste semi-árido tem sido historicamente fundamentada na ocorrência das secas. Este é um evento climático recorrente e, por inadequação e ineficiência das políticas públicas, é colocada como principal ameaça ao desenvolvimento do Semi-árido, causa dos sérios impactos às atividades econômicas, principalmente quanto ao abastecimento de água, na agricultura e, conseqüentemente, à qualidade de vida das populações da área. Este trabalho propõe-se a estudar a ocorrência das secas, precipitação e a importância da captação de água de chuva como alternativa viável para contribuir no estabelecimento do desenvolvimento social e econômico desta região. Adota-se como foco a proposta do Programa Um Milhão de Cisternas Rurais, e suas interações com o desenvolvimento socioeconômico local.

**Palavras-chave:** seca, precipitação, captação de água de chuva.

### DROUGHT, RAINFALL AND RAIN WATER CAPTATION IN THE SEMI-ARID OF SERGIPE.

### ABSTRACT

The politics of the half-barren north-eastern water has been historically based on the occurrence of the droughts. This is a climatic event recurrent and, by inadequacy and inefficiency of the public politics, is placed as main threat to the development of the Half-barren one, cause of the serious impacts to the economic activities, mainly how much to the water supply, in the agriculture and, consequently, to the quality of life of the populations at this area. This work considers studying it the occurrence of the droughts, rainfall and the importance of the viable rain water captation as alternative for to contribute for the establishment of the social and economic development of this region. A Million of Agricultural Watering holes and its interactions with the local social and economic development are adopted as focus the proposal of the program.

**Keywords:** drought, precipitation, rain water harvest.

---

Trabalho recebido em 05/12/2008 e aceito para publicação em 08/01/2009.

<sup>1</sup> Química e pesquisadora da Universidade Federal de Sergipe (UFS), doutoranda em Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), bolsista internacional da Fundação Ford. Rua Rodrigues Alves, 1440, Cond. Sebastião Severo, Ap. 204D, Bela Vista, Campina Grande/PB, 58.428.795. e-mail: aquatunem@yahoo.com.br;

<sup>2</sup> Meteorologista, doutorando em Recursos Naturais na UFCG. E-mail: lincolneloi@yahoo.com.br;

<sup>3</sup> Bióloga, Mestre em Manejo e Conservação de Solo e Água. Assessora da EMATER/PB. e-mail: edineteoliver@yahoo.com.br;

<sup>4</sup> Meteorologista, Prof. Adjunto da UFCG, PhD. e-mail: bernardo@dca.ufcg.edu.br.

## 1. INTRODUÇÃO

A seca, período prolongado de baixa pluviosidade, é considerada por muitos como o mais complexo, embora o menos compreendido entre os riscos naturais, e o que afeta mais pessoas que qualquer outro risco (HAGMAN, 1984), por ocorrer durante longos períodos e em grandes extensões territoriais. Falkenmark (1992) estimou que o número de pessoas que vivem em países com problemas de água, ou escassez crônica de água, aumentará de 300 milhões para mais de três bilhões no ano 2025.

Os problemas causados pelas secas para as populações rurais são similares nas regiões áridas e semi-áridas do mundo. A seca no Semi-árido brasileiro afeta milhões de pessoas, animais e, por causa da ineficiência das políticas de governo, dizima a agropecuária e, em consequência, provoca colapso socioeconômico. A esses fatores, acrescenta-se a malha hidrográfica, devido, em sua maioria, ser composta de mananciais intermitentes e as fontes de água subterrânea por serem escassas e salobras.

Contudo, esta realidade climática não justifica por si só a crise socioambiental sempre presente no Semi-árido brasileiro, porém, uma modificação na distribuição das chuvas ou uma redução no volume destas bastam para desorganizar toda a

atividade econômica (Furtado, 1967). Conforme Santos (1999); Pinto (1999); Medeiros Filho & Sousa (1988), as secas recorrentes potencializadas pela inoperância das políticas governamentais provocam três conseqüências principais: colapso parcial do sistema produtivo rural, notadamente às atividades de agricultura e pecuária, dificuldades no abastecimento de água e de gêneros alimentícios para a população e o aumento do desemprego culminam com o empobrecimento e a migração forçada da população para as cidades.

As estratégias para enfrentar essa realidade dependem da sensibilidade e do nível de responsabilidade do poder público de cada país para com o bem-estar dos seus cidadãos e destes pelo nível de participação na gestão dos recursos hídricos. Entretanto, a região semi-árida brasileira tem sido alvo de ações pontuais e episódicas para responder ao clamor da sociedade a exemplo de frentes de trabalho, distribuição de cestas básicas, fornecimento de água por meio de carros-pipa. Mais recentemente, na tentativa de minimizar o sofrimento da população, são implementados programas assistencialistas como bolsa família, vale gás, entre outros, enquanto espera-se o período das tão esperadas e necessárias chuvas, perpetuando a dependência da população aos políticos locais, sem que sejam

elaboradas e aplicadas soluções adequadas, que possibilitem a convivência da população com a ocorrência das secas nem planejar e executar estratégias viáveis e duradouras de desenvolvimento local.

Elaborar soluções adequadas e permanentes para oportunizar o desenvolvimento do Semi-árido brasileiro remete a citar as tecnologias comumente adotadas em regiões do mundo com clima similar. Dentre estas se encontra a captação de água de chuva, que é uma técnica milenar, a qual tem sido utilizada tradicionalmente em muitas partes do mundo, a exemplo da China, Índia e Irã onde a dois mil anos já existiam sistemas de captação de água de chuva comunitários (GNADLINGER, 2000).

Nesse cenário, as chuvas são importantes fontes de água para consumo humano, agricultura, produção de alimentos, eliminação de resíduos e manutenção dos ecossistemas naturais no Nordeste Semi-árido.

### 1.1 Seca e Pluviometria no Semi-árido

Em termos regionais, o desenvolvimento do Semi-árido brasileiro sempre esteve condicionado ao seu perfil edafoclimático, ao modelo sociopolítico, administrativo e gerencial adotado pelo Governo nos níveis federal, estadual e municipal. A escassez hídrica soma-se as

demais características geoambientais do quadro natural da região semi-árida, cujos elementos marcantes são a semi-aridez de caráter azonal que atinge grande parte do seu território e a alta variabilidade pluviométrica espacial e temporal inerente a esse tipo climático.

A região semi-árida corresponde a uma das seis grandes zonas climáticas do Brasil e inclui as terras interiores à isoieta anual de 800 mm (PINTO, 1999). A maior parte da sua área situa-se na região Nordeste, estendendo-se até o norte de Minas Gerais e oeste do Espírito Santo. Caracteriza-se fundamentalmente pelo regime de chuvas, definido pela escassez, irregularidade e concentração das precipitações pluviométricas num curto período de cerca de três meses, durante o qual ocorrem chuvas repentinas, de pequena duração. Tem a Caatinga como vegetação predominante e apresenta altas temperaturas. (AB`SABER, 2005; VIEIRA; GONDIM FILHO; 2006).

A extensão territorial do Semi-árido não se apresenta, porém, de forma homogênea, exibindo grande diversidade de um ponto para outro. O período de estiagem não ocorre simultaneamente em toda a região, em virtude das diferenças das características ambientais. Várias hipóteses têm sido propostas para explicar essa ocorrência de semi-aridez. As

primeiras apontavam o relevo como responsável em virtude da existência de uma barreira orográfica ao longo do litoral desde o Rio Grande do Norte até a desembocadura do rio São Francisco (CONTI; FURLAN, 1998).

Na análise de Ab`Saber (2005), a paisagem do Nordeste seco brasileiro apresenta características morfoclimáticas e fitogeográficas singulares devido a fraca decomposição de rochas, apresentando lajedos e “mares de pedra” entremostrando-se às vezes no meio da caatinga, da grande variabilidade tanto espacial como temporal da precipitação pluviométrica, da circulação geral da atmosfera e do ciclo hidrológico (NOBRE, 1993; RAO et al., 1993; NOBRE & SHUKLA, 1996). No que se refere à distribuição das chuvas, possui topografia e refletividade do solo como indutores locais da semi-aridez e de fatores externos à área, a exemplo da formação do ciclone sobre o Atlântico, chamado El Niño – aquecimento das águas, normalmente frias, do Pacífico Equatorial, fora da costa oeste da América do Sul (MOLION, 1985; MOLION, 2005; HASTENRATH, 1990; ALVES et al., 1997).

O fenômeno El Niño - Oscilação Sul (ENOS) sobre o Pacífico Equatorial, e o gradiente meridional de anomalias de TSM (temperatura da superfície do mar), sobre o

Atlântico Tropical determinam conjuntamente uma grande parte da variância interanual do clima sobre a América do Sul (MOURA; SHUKLA, 1981). A combinação das circulações atmosféricas anômalas induzidas pelas distribuições espaciais de TSM sobre os oceanos Pacífico Equatorial e Atlântico Tropical influenciam o posicionamento latitudinal da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o Atlântico, afetando, desta forma, a distribuição da pluviometria sobre a bacia do Atlântico e norte da América do Sul. Portanto, embora a variabilidade interanual das TSM e ventos sobre o Atlântico Tropical sejam expressivamente menores do que aquela notada acima do Pacífico Equatorial, essas variáveis têm profunda influência na variabilidade climática sobre a América do Sul, principalmente sobre a Região Nordeste do Brasil (HASTENRATH, 1990; NOBRE; SHUKLA, 1996; ALVES et al., 1997; RAO et al., 1993).

Entretanto, estudos realizados por Molion (2005); Nobre & Shukla (1996); Alves et al. (1997); Rao et al., (1993) evidenciam que o padrão espacial das anomalias pluviométricas que provocam secas ou inundações sobre o Nordeste do Brasil têm escala espacial muito maior do que o próprio Nordeste, englobando também o Atlântico Equatorial até a parte central da Amazônia.

Da mesma forma, a chuva abundante ou a carência de precipitação ao sul do Equador está relacionada não somente ao deslocamento latitudinal anômalo da ZCIT, mas principalmente à duração do período de entrada da ZCIT ao sul do equador. No Nordeste, em anos abundantes em chuvas, nos quais também chove acima da média sobre a Amazônia e Atlântico Equatorial, a ZCIT permanece ao sul de suas posições latitudinais médias até abril, ao passo que em anos de seca a ZCIT retorna ao Hemisfério Norte já em março. Além disso, supõe-se que os mecanismos responsáveis pelo deslocamento latitudinal da ZCIT estejam aliados a uma cadeia de processos de interação entre o oceano e a atmosfera, abrangendo o acoplamento lateral com distúrbios atmosféricos extratropicais de ambos os hemisférios. Estes concorrem para o aparecimento de anomalias de TSM ao norte e ao sul do Equador com sinais opostos, formando assim um gradiente meridional de anomalias de TSM, responsável pelo deslocamento e permanência da ZCIT mais para o sul ou para o norte (NOBRE, 1993; NOBRE; SHUKLA, 1996).

Todos esses mecanismos e condicionantes meteorológicos concorrem para a ocorrência recorrente do fenômeno seca. Uma vez que a seca é determinada por persistente ausência de pluviometria significativa, a variabilidade espacial da

precipitação torna muito mais freqüente as ocorrências deste fenômeno regional.

Existem dois tipos de seca: seca meteorológica e seca hidrológica. A seca meteorológica é a medida do desvio da precipitação em relação ao valor normal; caracteriza-se pela falta de água induzida pelo descompasso entre a precipitação e a evaporação, a qual depende de outros elementos como a velocidade do vento, temperatura, umidade do ar e insolação. A seca meteorológica deve ser considerada em função da região, uma vez que as condições atmosféricas que resultam em deficiências de precipitação podem ser muito diferentes de região para região. Já a seca hidrológica está relacionada com a redução dos níveis médios de água nos reservatórios de superfície e subterrâneos e com a redução de água no solo (MINISTÉRIO DO AMBIENTE E DO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO, 2005).

Segundo Campos (1997), as secas são estudadas sob o seguinte formato conceitual: a chuva alimenta o sistema físico. A ausência de chuva, ou precipitação bem abaixo do normal é definida como seca climatológica. Por sua vez, o meio físico onde se concentra o potencial hidráulico fixo é formado pelo sistema solo x planta. Em condições normais, de não seca, a chuva transfere

umidade ao solo em quantidade e tempo suficiente para permitir a produção agrícola. A condição de seca ocorre quando a permanência de umidade no solo não é suficiente para que as culturas completem seus ciclos vegetativos. Essa insuficiência de umidade no solo é definida como seca edáfica que pode ter como causa primária a escassez de chuvas ou uma má distribuição destas ao longo do tempo.

Apesar da escassez da região semi-árida os períodos chuvosos podem ser bem aproveitados se tecnologias de captação e armazenamento de água de chuva forem implementadas e transformadas em políticas públicas.

## 1.2 Tecnologia para Aproveitamento das Águas Pluviais

A busca de água doce para atender as demandas e suas necessidades hídricas obrigou o homem a elaborar tecnologias para captar e armazenar água nas regiões áridas e semi-áridas desde tempos mais remotos. Construíram-se sistemas superficiais e subterrâneos, a exemplo de cacimbas, poços, barragens, açudes e cisternas.

Adotar essas técnicas não significa retroceder aos modos ancestrais de vida, mas usar a tecnologia para transformar

conhecimento primitivo e reinventá-lo tecnologicamente. Essas tecnologias são extremamente importantes para regiões em que o acesso à água é muito difícil e que as alternativas de abastecimento de milhares de pessoas são poços descobertos, valas ou pequenos açudes. Estes são comumente localizados em baixios para onde correm fluxos de água e dejetos, inclusive humanos, durante o período de chuvas constituindo-se, assim, em foco de contaminação e veiculação de doenças.

### 1.2.1 Captação de água da chuva

As tecnologias de captação e manejo de água de chuva surgiram de maneira diversa e independente em muitas regiões do mundo e tem sido uma técnica de uso comum, notadamente nas áreas áridas e semi-áridas, onde as chuvas, além de irregulares, ocorrem por poucos meses. Para exemplificar, no deserto de Negev, hoje território de Israel e Jordânia, há dois mil anos já existia um sistema integrado de manejo de água de chuva e agricultura de escoamento, práticas pré-colombianas do povo Maya, na península de Yucatán, hoje México, e em países do mundo árabe a exemplo da Arábia Saudita, Catar, Emirados Árabes e Tunísia (GNADLINGER, 2000).

Atualmente, devido ao progresso técnico ocorrido, principalmente nos

chamados países desenvolvidos, em zonas climáticas moderadas e mais úmidas, sem necessidade de captação de água de chuva, ocorreu a introdução de novos sistemas de agricultura, métodos de construção nos países colonizados resultando na implantação de práticas de agricultura de zonas climáticas moderadas em zonas climáticas mais secas. Além disso, conforme Gnadlinger (2000) houve uma ênfase na construção de grandes barragens, no desenvolvimento do aproveitamento de águas subterrâneas, e em projetos de irrigação pressurizada com altos índices de uso de energia fóssil e elétrica. Porém, em muitos países, segundo Ruskin (2001), a exemplo das Ilhas Virgens dos Estados Unidos, em ilhas do Pacífico e Caribe, no México e em países da América Latina, as cisternas têm sido utilizadas para abastecimento em residências, escolas, hotéis e em projetos públicos.

### 1.2.2. Tipos de cisternas

Há dois mil anos no Planalto de Loess, na China, eram utilizadas cacimbas e tanques para solucionar os problemas de abastecimento. Até hoje, nesse país, a captação de água de chuva é utilizada provocando resultados socioeconômicos positivos necessários ao desenvolvimento da sua região Semi-árida. Os tradicionais sistemas de captação de água de chuva do

Irã eram denominados de Abanbars, que já utilizavam a concepção de sistema integrado e de uso comunitário e manejo para a agricultura. Por sua vez, os povos Astecas e Mayas, da Península de Yucatán, hoje México, utilizavam cisternas denominadas de Chultuns, escavadas na própria rocha calcárea nas encostas das montanhas e construídas com revestimento impermeável. Possuíam capacidade de armazenar água numa faixa de 20.000 a 45.000 litros (GNADLINGER, 2000).

Atualmente, foram desenvolvidas novas tecnologias de captação de água da chuva com objetivos diversificados, entre os quais se podem citar a instalação de sistemas para controle de enchentes, que ocorrem após as chuvas em decorrência da impermeabilização do solo asfaltado e pelo aumento progressivo das áreas construídas; o uso da água da chuva na indústria em torres de resfriamento e nos processos de produção, para minimizar o uso da água encanada; em condomínios e rede de hotéis; para a irrigação de jardins e limpeza dos prédios.

Os materiais que podem ser utilizados para construção ou fabricação de tanques de armazenamento são os seguintes (DEVELOPMENT TECHNOLOGY UNIT, 2007): i) plástico: são muito comuns nos países desenvolvidos como os Estados Unidos, na

província de Oregon e na Alemanha. Nos países em desenvolvimento o uso desse material é mais restrito devido ao alto custo; ii) tanques metálicos: são usados em várias partes do mundo por apresentarem as facilidades de transporte e por permitir montagem no local em pouco espaço de tempo por técnico especializado; iii) barris de metal ou de plástico: são recipientes de óleo ou de transporte de produtos químicos reutilizados, por ser uma alternativa de baixo custo, mas que, sem os devidos cuidados podem representar potencial risco à saúde dos usuários da água armazenada; iv) placas de concreto com tela de arame: é muito comum no Brasil principalmente na região Nordeste; v) tanques construídos de tijolos, argamassa e cal.

### 1.2.3 A Tecnologia de captação de água da chuva

A técnica de captação e armazenamento de água de chuva utilizada para o aproveitamento das águas pluviais, em pequenas propriedades rurais, consiste em utilizar os telhados das casas como área de captação de água e armazená-la em reservatórios denominados de cisternas. Esta técnica está sendo aplicada no Semi-árido brasileiro pelo Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semi-árido, o P1MC.

As primeiras cisternas de placas nesta região surgiram no município de Simão Dias, no Estado de Sergipe, segundo pesquisas realizadas pelos técnicos franceses Claire Bernat, Remy Courcier e Eric Sabourin, em 1992/1993. Estas foram construídas com o apoio do Centro Comunitário de Serviços de Pintadas da Bahia, do Movimento de Organização Comunitária (MOC), do Centro de Assessoria e Apoio aos Trabalhadores e Instituições Não-Governamentais Alternativas (Caatinga) e do Centro de Pesquisa Tecnológica do Semi-árido (ASA, 2006).

O sistema de captação, segundo Eco-Sistema (2007); Brito & Porto (1997), é formado por um tanque de armazenamento (Ta), um sistema de filtragem (Sf) e área de captação (Ac) que usualmente é o telhado das construções, desde que possua área suficiente para coletar água em quantidade e qualidade necessárias à finalidade que se propôs, dos materiais disponíveis para a sua construção e dos regulamentos e códigos de construção estabelecidos por legislação específica, a NBR 10884/89. Estes componentes são conectados por calhas e tubulações de transporte da água.

Brito & Porto (1997) apresentam o dimensionamento do sistema de captação no qual o volume total de água necessário

( $V_t$ ) em  $m^3$ , é função do número de pessoas e/ou animais (N), do consumo por pessoa e/ou animal (S) em litros e do período de uso da água armazenada, isto é, o período (U) em dias estimado para o recomeço das chuvas. O cálculo é processado usando a seguinte fórmula:

$$V_t = \frac{(N \times S \times U)}{1000} \times 1,1 \quad (1)$$

A área de captação ( $A_c$ ) corresponde ao tamanho do telhado e o volume captado é função deste, do escoamento e da precipitação média anual. A formulação estabelece o valor de 50% para a probabilidade de ocorrência das chuvas. A eficiência do escoamento depende do declive, do tipo de material utilizado para a cobertura e do grau de impermeabilidade da superfície de captação. A literatura sugere coeficientes de escoamento que variam de 0,70 a 0,90 e 0,85 como o valor mais adequado. Considerando que 10 mm de chuva correspondem a 10 litros de água por metro quadrado de área, faz-se o cálculo de  $A_c$ , em  $m^2$ , usando a seguinte equação:

$$A_c = \frac{V_t}{C \times P} \quad (2)$$

Considerando a série de registro de precipitação a ser utilizado, seja diária, mensal ou anual, a probabilidade (P), em porcentagem, pode ser calculada pela

equação de Kimball (BRITO; PORTO, 1997), onde N é o número de ordem do evento e n o número total de anos observados:

$$P = \frac{N}{n + 1} \times 100 \quad (3)$$

Para que o sistema funcione conforme projetado e sejam obtidos os resultados esperados, este deve ser objeto constante de controle e manejo para que os problemas sejam evitados. Todos os componentes, os quais incluem os sistemas de filtragem, bombas, área de captação e pavimentação, devem ser monitorados e bem conservados. Inclusive a qualidade da água armazenada que deve ser monitorada em quatro pontos: i) antes de atingir o solo; ii) após escorrer pelo telhado; iii) dentro do reservatório; iv) no ponto de uso (TOMAZ, 2003 apud CARLON, 2007).

O controle da potencial presença de agentes patogênicos na água, a exemplo de protozoários, deve ser efetuado antes da sua utilização. Os métodos mais comuns são: a filtração, o tratamento químico e a fervura da água. O tratamento da água mais comumente utilizado em sistemas de captação e armazenamento de água de chuva é a cloração, por ser um método simples e barato. Este proporciona a desinfecção da água e o controle de surtos de doenças de veiculação hídrica.

Considerando as características naturais da região semi-árida do Nordeste brasileiro, a aplicação correta da técnica de captação de água de chuva pode constituir-se em elemento complementar às políticas necessárias à sua sustentabilidade.

O presente trabalho propõe-se a estudar a ocorrência das secas, precipitação e a importância da captação de água de chuva como alternativa viável para contribuir no estabelecimento do desenvolvimento social e econômico desta região.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Semi-Árido Sergipano: o lócus do estudo**

A região Nordeste do Brasil ocupa uma área de 1.539.000 km<sup>2</sup>, dos quais o Semi-Árido possui área de 982.563 km<sup>2</sup> (BNB, 2005) e abriga 19.167.189 habitantes (IBGE, 2000). O Estado de Sergipe, incluso na região Nordeste, é a menor unidade federativa do Brasil. Possui 21.994 km<sup>2</sup> de extensão e a totalidade de sua área espacial encontra-se nos domínios tropicais, sendo assim, é caracterizado por médias térmicas anuais relativamente altas, sem nenhuma estação fria. A reduzida oscilação térmica contrasta com a acentuada irregularidade pluviométrica, constituindo-se, então, a chuva como

elemento determinante do mecanismo natural (PINTO, 1999).

O clima da área é Megatérmico Semi-árido determinado por períodos de estiagem prolongada de 7 a 8 meses aproximadamente, com altas taxas de evaporação condicionada pela irregularidade de distribuição das chuvas e pelo sistema de circulação atmosférica. A precipitação pluviométrica varia de 500 a 700 mm, período chuvoso entre os meses de abril a julho e umidade relativa variando de 25% a 75% (SANTOS; ANDRADE, 1992).

As temperaturas médias anuais variam de 26° a 28° graus centígrados e insolação superior a 3.000 horas/ano, predominando solos rasos e com 70% do subsolo apresentando formação cristalina (DUARTE, 2001), solos problemáticos tanto do ponto de vista físico, quanto geoquímico e grande parte de sua malha fluvial composta por rios temporários (AB`SABER, 1999).

Possui como características ambientais singulares a distribuição irregular de chuvas e duas estações climáticas: o “inverno” e o “verão”. O verão corresponde à estação não chuvosa, com sete a nove meses de duração. As precipitações pluviométricas são, via de regra, inferiores à evapotranspiração

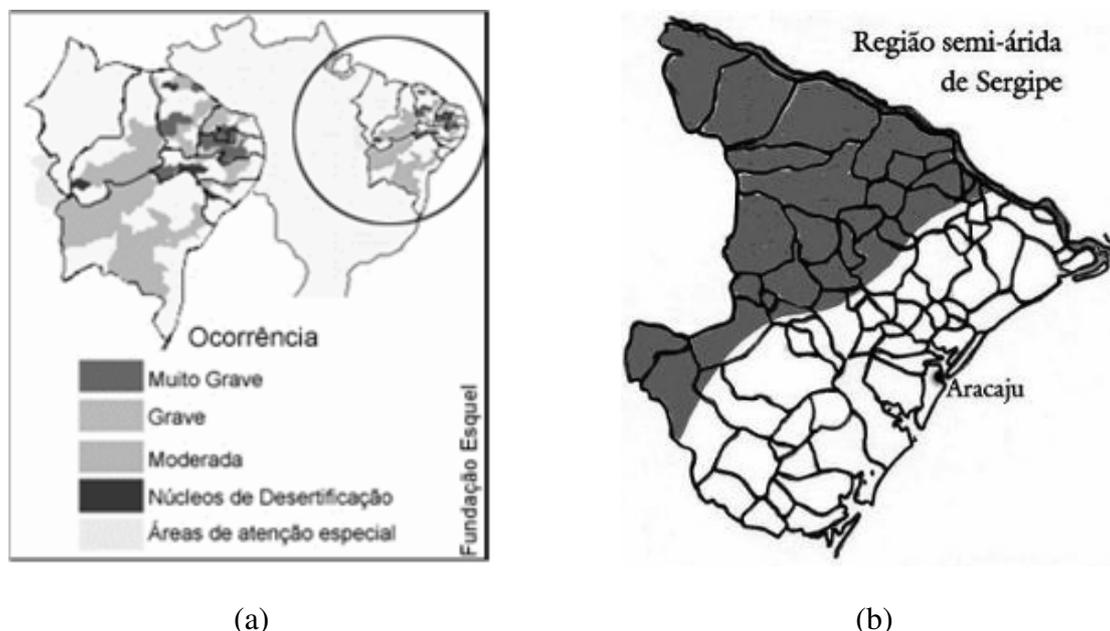
potencial, caracterizando, então, o déficit hídrico regional (ANDRADE, 1999).

A Figura 1a apresenta a localização do Nordeste no Brasil e os níveis de ocorrência das secas. A Figura 1b mostra a delimitação da região semi-árida do estado de Sergipe.

Foram utilizados neste trabalho dados de precipitação anual do estado de Sergipe obtidos no Centro de Meteorologia da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, com período acima de trinta anos e do estudo dos reflexos da seca realizado por Pinto (1999). A análise da variabilidade climática foi feita considerando o período total disponível em cada município associada à realidade climática regional.

O conhecimento da vulnerabilidade ambiental e das potencialidades do Semi-árido, da sua análise e síntese decorre das orientações e restrições à apropriação dos territórios que, uma vez matricializados com as ameaças e oportunidades identificadas, permitem a consolidação de quadros alternativos de sustentabilidade ambiental em um espaço territorialmente ocupado.

A percepção da seca como realidade climatológica ou como resultante das atividades antrópicas, no Semi-Árido sergipano, pressupõe uma análise científica, sistematizada, de seus processos e impactos fundamentados nas comparações dos fatores naturais e socioeconômicos.



**Figura 1.** (a) Ocorrência de Seca no Nordeste (Mattar, 1996), (b) Região Semi-árida de Sergipe. (CDJBC, 2001).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Estado de Sergipe está inserido na área geograficamente denominada de tropical e tem como características climáticas marcantes as irregularidades do seu regime de chuvas. Os limites exteriores se encontram entre 9° e 11° S, sendo assim, é caracterizado por médias térmicas anuais relativamente altas, sem nenhuma estação fria. As temperaturas oscilam pouco, o oposto ocorre com a pluviosidade, registrando-se valores contrastantes, não só quanto aos totais como quanto ao regime pluviométrico (PINTO, 1999).

O regime pluviométrico do Estado é associado às condições atmosféricas e sistemas sinóticos que atuam no Leste do Nordeste do Brasil (NEB) e possuem uma característica própria diferente dos demais regimes do NEB, apresentando uma grande variabilidade interanual. A Tabela 1 apresenta os parâmetros pluviais dos municípios que apresentam índices pluviais menores que 850 mm.

A localização do fato geográfico – seca – aponta-se como fenômeno resultante dos padrões de circulação superior, minimizando qualquer interferência de outros aspectos naturais. A Tabela 2 apresenta a classificação dos índices pluviais para o Estado de Sergipe localizando os municípios na nos intervalos de precipitação que variam de

acima de 1500 mm a abaixo dos 800 mm de chuva.

A classe B envolve mais nove municípios com um índice maior de chuva (850 a 1.200 mm). Destes, três registram um coeficiente de variação acima de 40%. A classe C, com precipitação entre 1.200 e 1.500 mm engloba sete municípios, dos quais dois com índice superior a 40%. Na classe D, localizam-se duas estações com precipitação acima de 1.500 mm, das quais a de Aracaju registra um coeficiente de variação de 40,45%.

Dos atuais 75 municípios sergipanos, 32 deles, representando um percentual de 43%, foram incluídos na região semi-árida. O mapa com as isolinhas é a representação gráfica espacial que delimita as áreas similares de médias das precipitações anuais (Figura 2). A linha de 850 mm pode ser considerada como a delimitação da área do Sertão e do Agreste, enquanto que a linha de 1500mm representa o divisor para a Zona Litoral (Figura 3).

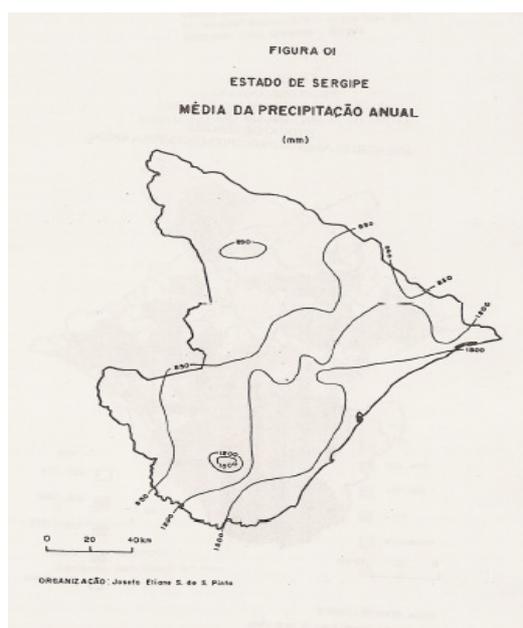
Verifica-se então que a maioria dos 45 municípios sergipanos com postos pluviométricos apresenta-se com um coeficiente de variação entre 30 e 40%, correspondendo a 20 localidades e mais oito que apresentam coeficientes acima de 40%.

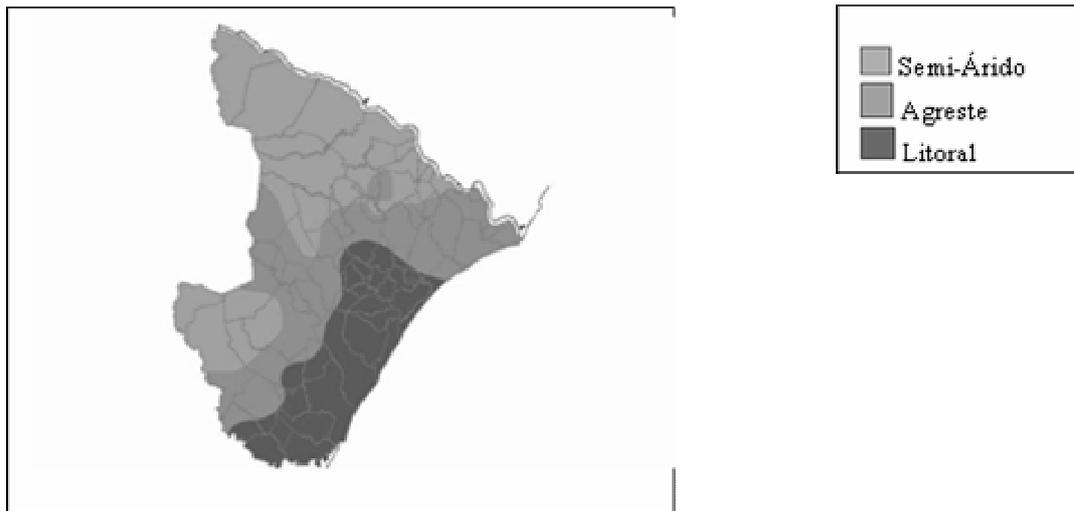
**Tabela 1.** Parâmetros pluviométricos dos municípios de Sergipe com índices pluviométricos menores que 850 mm (PINTO, 1999).

N <sup>o</sup>	Município	Média	Desvio Padrão	Coeficiente de variação
		----- mm -----		
01	Canindé do São Francisco	488,07	182,52	37,40
02	Carira	806,68	279,78	34,68
03	Cumbe	822,81	277,51	33,73
04	Gracho Cardoso	802,41	257,40	32,08
05	Nossa Senhora. da Glória	713,89	235,74	33,02
06	Poço Redondo	716,02	450,16	62,87
07	Poço Verde	774,23	432,49	55,86
08	Porto da Folha	539,16	198,35	36,79
09	Propriá	815,59	260,21	31,90
10	Tobias Barreto	763,66	260,37	34,09

**Tabela 2.** Índices Pluviométricos dos municípios com variação superior a 30% (PINTO, 1999).

Classe A Abaixo de 850 mm	Classe B 850 a 1200 mm	Classe C 1200 a 1500 mm	Classe D Acima de 1500 mm
Canindé do São Francisco	Aquidabã	Campo do Brito	Aracaju
Carira	Araújo	Capela	Pedrinhas
Cumbe	Itabaiana	Estância	
Gracho Cardoso	Itabaianinha	Japaratuba	
Nossa Sra. da Glória	Itabí	Japoatã	
Poço Redondo	Lagarto	Malhador	
Poço Verde	Monte Alegre	Siriri	
Porto da Folha	Pacatuba		
Propriá	Tomar do Geru		
Tobias Barreto			

**Figura 2.** Isolinhas das médias da precipitação anual no estado de Sergipe (PINTO, 1999).



**Figura 3.** Zonas climáticas de Sergipe (SEMARH-SE, 2008).

Destas 28 localidades, dez registram baixos índices de precipitação anual, sendo, assim, as áreas mais problemáticas do Estado, sob o ponto de vista pluvial. Estes municípios figuram na classe A da Tabela 2.

Como muitos outros eventos climáticos e geofísicos, as chuvas mostram algum grau de invariância de escala temporal e espacial estatística. Sendo assim, importantes informações podem ser obtidas de dados históricos de precipitação, baseado em métodos matemáticos e conceitos da geometria fractal (MIRANDA et al., 2004).

O objetivo principal da climatologia geográfica aplicada à agricultura é a avaliação do grau de dependência entre o comportamento dos elementos atmosféricos e o desempenho das culturas agrícolas. O caráter geográfico da climatologia agrícola sustenta-se pela

repercussão espacial do ritmo das variações dos elementos atmosféricos que se verifica ao longo do ciclo vegetativo de uma cultura. Este mesmo autor afirma que o interesse para a agricultura assenta-se, primordialmente, na variabilidade temporal (calendário agrícola) e espacial (zoneamento agroclimático) da oferta do insumo climático. Mas reconhece as limitações práticas deste tipo de análise.

A seca, na opinião de AYOADE (1986), é um dos “azares climáticos” que impõe grave risco para a agricultura. “O desenvolvimento da lavoura não depende somente das condições climáticas, mas as culturas ficam sujeitas a um grande número de eventos extremos durante todo o seu desenvolvimento” (p.270).

Na classificação de seca elaborada pelo autor, identificamos no território sergipano, as secas sazonal e contingente. A seca sazonal, com estações secas e

úmidas mais ou menos definidas e previsíveis, aparece no sertão e em alguns municípios cuja variabilidade é menor. A seca contingente, resultado da irregularidade e da variabilidade da precipitação, é mais comum nos municípios classificados na Tabela 2.

As implicações espaciais na agricultura do Estado de Sergipe foram, durante muito tempo, provocadas pela variabilidade pluvial, envolvendo as chuvas como recurso natural para a elaboração do calendário agrícola do próprio agricultor, onde não existia um zoneamento agrícola nem acompanhamento de técnicos especializados, ficando a decisão para o próprio camponês. A perda de safras sempre foi uma constante, quando a previsão de chuvas falhava.

Sabe-se que a sucessão de anomalias ou anormalidades pluviométricas torna difícil a vida no sertão nordestino, pela falta de meios de sobrevivência no campo e pela fragmentação da terra provocada pelo aumento natural da família, e que, com seus efeitos sobre o homem do campo, repercute nos espaços urbanos.

Em Sergipe não é diferente. Toda agricultura é feita em íntima relação com a precipitação, salvo nos perímetros irrigados. A interferência da seca faz-se dentro do período de plantio e colheita,

repercutindo mais acentuadamente nos cultivos anuais.

A base da produção agrícola sergipana é o feijão, a mandioca e o milho, cuja variação produtiva depende dos parâmetros pluviométricos no decorrer do ano agrícola. “A seca que assolou Sergipe, no início da década de oitenta, foi responsável pela queda da produção que, no caso do milho e da mandioca foi mais acentuada no ano de 1980 e, no do feijão, em 1983” (DINIZ & FRANÇA, 1990, p.1 97-202).

Em consequência da falta de investimento em infra-estrutura, as atividades econômicas da agricultura de sequeiro são afetadas, resultando no flagelo dos camponeses. O flagelo provoca a migração para os centros urbanos ou para as frentes de serviços. Em síntese, ocorre a seguinte seqüência: a seca climatológica tem como efeito a seca edáfica; este tipo de seca tem como causa a seca climatológica e como efeito a seca social. Ao analisar um período de seca, devemos ter em conta que as condições hidrometeorológicas que o ocasionam têm uma influência variável, de acordo com a procura de água da região e o grau de desenvolvimento da utilização dos seus recursos hídricos (CAMPOS, 1997; EMDAD HAQUE & BRANCO, 1998).

Nesse contexto, no Nordeste semi-árido, região de reconhecida escassez,

antes do Programa P1MC, nunca havia experimentado, em termos regionais, a utilização da água da chuva para o atendimento das suas demandas hídricas como tecnologia alternativa para minimizar os efeitos da seca e possibilitar a convivência mais harmônica com a realidade climática local. Porém, considerando as experiências do passado em outras regiões semi-áridas do mundo, observa-se que a sustentabilidade de sistemas de colheita de água é baseada na combinação entre as demandas básicas da população, condições naturais locais, fatores políticos e econômicos predominantes da região.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

De acordo com as características peculiares dos climas semi-áridos, a seca, embora nem sempre seja previsível, será sempre um fenômeno provável e recorrente, portanto, jamais deveria ser considerada como um fator de comoção social. Porém, A realidade climática por si só não é suficiente para justificar a crise ambiental em que vive o Semi-árido. As principais causas do drama recorrente que sofre a população desta área resultam da soma de fatores econômicos, sociais e políticos.

As formas de enfrentar as estiagens estão relacionadas com as condições

sociais, econômicas, culturais, geomorfológicas e climatológicas de cada região afetada. Os fenômenos socioeconômicos e culturais potencializam significativamente a intensidade e magnitude do impacto das secas, assim como a capacidade de recuperação das populações atingidas.

Segundo a Articulação do Semi-árido, a idéia do uso da cisterna, enquanto política e tecnologia de abastecimento de água, parte do princípio de que a captação de água de chuva é uma solução simples, possui técnica facilmente adaptável à simplicidade do povo do Sertão e tem baixo custo. Afirma, ainda, que sendo adequadamente dimensionada, pode suprir a população de água nos períodos de estiagem.

A demanda por sistemas de captação de água de chuva no Semi-árido brasileiro tem como fontes principais a precipitação anual e a hidrogeologia da região, cujo subsolo cristalino contém pouca água, muitas vezes salobra, apresentando uma grande demanda de colheita de água pluvial. Salienta-se, então a importância da variabilidade da ocorrência das chuvas no espaço, estas representam um dado importante para o dimensionamento do sistema de captação, cujos cálculos são feitos com base na intensidade pluviométrica. Calcula-se, também, em

função do tempo de uso da água armazenada, do número de pessoas e animais que irão consumi-la e da área de captação segundo a NBR 10884/89 (BRASIL, 1989).

Vale ressaltar a importância da vigilância da qualidade da água para evitar o acometimento à saúde da população por doenças de veiculação hídrica. A Portaria 518/04, amplia a regulamentação estabelecida na Portaria 36 GM/90, acrescentando os seguintes fatores: incorporação do princípio da descentralização das ações do SUS sob responsabilidade da autoridade municipal de saúde; visão sistêmica da qualidade da água; definição clara de deveres e responsabilidades das instâncias governamentais e dos responsáveis pela produção, distribuição e garantia ao consumidor do direito à informação sobre a qualidade da água. Estas prerrogativas devem ser observadas seja por políticas públicas ou por soluções alternativas de abastecimento de água, de forma coletiva ou individual, na área urbana e rural, incluindo as instalações intradomiciliares.

Em síntese, o desenvolvimento do Semi-árido do Nordeste do Brasil, e naturalmente a porção semi-árida do estado de Sergipe, depende da precipitação pluviométrica, porque suas atividades econômicas são realizadas com base neste

evento natural. Os efeitos dessa prática e a magnitude das secas no Nordeste resultam da associação entre a ausência ou irregularidade das chuvas com a falta de políticas eficientes somadas à carência de organização da produção agrícola. Assim, o impacto da seca só pode ser compreendido dentro de um contexto mais amplo da sociedade e de seus processos associados, onde as vulnerabilidades das pessoas frente às secas ou outros eventos ambientais estão intimamente relacionadas com as características dos membros das sociedades, em termos de sua capacidade para prever, enfrentar, resistir e se recuperar do impacto.

## REFERÊNCIAS

- AB`SABER, A. Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida. **Revista de Estudos Avançados**, Universidade de São Paulo, São Paulo, v.13, no 13, Maio/Agosto, p. 7-59, 1999.
- AB`SABER, A. **Os domínios da natureza no Brasil**: potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 2005. 159 p.
- ALVES, J. M. B., REPELLI C. A., MELLO N. G. A pré-estação chuvosa do setor norte do Nordeste Brasileiro e sua relação com a temperatura dos oceanos adjacentes. **Revista Brasileira de Meteorologia**, n.8, p. 22-30, 1993.
- ANDRADE, M. C. **A problemática da seca**. Recife: Líber Gráfica e Editora, 1999. 94 p.

- ARTICULAÇÃO DO SEMI-ÁRIDO/ASA.FEBRABAN. Disponível em: [www.asabrasil.org.br](http://www.asabrasil.org.br). Acesso em jun/2006.
- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. São Paulo: Difel, 1986. 332 p.
- BANCO DO NORDESTE DO BRASIL (BNB). **Mapa da área de atuação operacional**. Ceará, 2005.
- BRASIL. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10884/89. Rio de Janeiro, 1989.
- BRITO, L. T. L.; PORTO, E. R. Cisterna rural: água para consumo humano. In: 1o SIMPÓSIO SOBRE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO. 1997. EMBRAPA. **Anais...**Petrolina, 7-21/11/1997.
- CAMPOS, J. N. B. **Vulnerabilidades hidrológicas do semi-árido às secas**. Brasília. Parte 8, p. 261-299, 1997.
- CARLON, M. R. **Percepção dos atores sociais quanto as alternativas de implantação de sistemas de captação de água de chuva em Joinville-SC**. 2007. 203 f. dissertação (Mestrado) - UNIVALE de Itajaí, Itajaí 2005.
- CENTRO DOM JOSÉ BRANDÃO DE CASTRO/CDJBC. **Informativo rural**, ano 1, n.1, maio/2001. Disponível em: [www.cdjbc.org.br](http://www.cdjbc.org.br). Acesso em: 15 de Set. 2007.
- CONTI, J. B.; FURLAN, S. A. Geocologia: o clima, os solos e a biota. In. ROSS, J.L.S. **Geografia do Brasil**. São Paulo: Edusp, 1998, p.67-208.
- DEVELOPMENT TECHNOLOGY UNIT - DTU. **Domestic Roofwater harvesting technology**. School of Engineering, University of Warwick, UK. Disponível em: [www.eng.warwick.ac.uk/DTU/rwh/components4.html](http://www.eng.warwick.ac.uk/DTU/rwh/components4.html). Acesso em: 2 dez. 2003.
- DINIZ, J. A. F., FRANÇA, V. L.A. Área de exceção Sergipe/Alagoas. Recife: SUDENE, 1990. In: VARGAS, M. A. M. **Desenvolvimento regional em questão**. UFS/NPGeo, 1999. 279 p.
- DUARTE, R. Dois modelos para a convivência do produtor rural com o ambiente do Semi-árido Nordeste. Recife, 2001. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 33, n. 1, p. 24-34, jan-mar. 2002.
- ECO-SISTEMA – **Sistemas Ecológicos e Permacultura**. Manejo sustentável da água. Disponível em: [www.alimentoparapensar.com.br/permacultura](http://www.alimentoparapensar.com.br/permacultura). Acesso em: 15. Set. 2007.
- EMDAD HAQUE, L.; BRANCO, A. de M. Vulnerabilidad y desastres: análisis comparativo de estrategias para la mitigación de sequías. **Desastres & Sociedad**, Lima, n.6, enero/diciembre, p.35-57, 1998.
- FALKENMARK, M. Water scarcity and population growth: a spiralling risk, **Ecodecision**, v.6, p.21-23, 1992.
- FURTADO, C. **Uma política de desenvolvimento para o Nordeste**. 2ª. Edição. Recife: SUDENE, 1967.133 p.
- GNADLINGER, J. **Colheita de água de chuva em áreas rurais**. Palestra. 2o FÓRUM MUNDIAL DA ÁGUA. Haia, Holanda, 2000.

- HAGMAN, G.: **Prevention Better than Cure, Report on Human and Environmental Disasters in the Third World**, Preparado para a Cruz Vermelha da Suécia, Estocolmo, 1984.
- HASTENRATH, S. Prediction of Northeast Brazil rainfall anomalies. **Journal Climate**, v.3, p.893-904. 1990.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico de 2000**. [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). Acessado em Julho de 2007.
- MATTAR, F. N. **Pesquisa de Marketing. Metodologia de Planejamento**. 3.ed. São Paulo: Atlas, 1996. v.1.
- MEDEIROS FILHO, J.; SOUZA, I. **A seca do Nordeste: um falso problema**. Petrópolis: Vozes, 1988. 96 p.
- MINISTÉRIO DO AMBIENTE E DO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO. **Programa de acompanhamento e mitigação dos efeitos da Seca**. Portugal, 2005.
- MIRANDA, J. G. V. et al. Temporal and spatial persistence in rainfall records from Northeast Brazil and Galicia (Spain). **Theory Application Climatology**, v. 77, n. 1, p. 113–121, 2004.
- MOLION, L. C. B. **Secas: o eterno retorno**. Ciência Hoje – Especial Nordeste. São Paulo: Ed. SBPC, v. 3, n.18, p. 26-32, 1985.
- MOLION, L. C. B. Aquecimento global, El Niños, manchas solares, vulcões e oscilação decadal do Pacífico. **Revista Climanálise**. UFAL, Maceió, p.1-5. 2005.
- MOURA, A. D.; SHUKLA, J. On the dynamics of droughts in northeast Brazil: observations, theory and numerical experiments with a general circulation model.. **J. Atmos. Sci.**, v.38, p.2653-2675, 1981.
- NOBRE, P. **On the genesis of anomalous SST and rainfall patterns over the tropical Atlantic basin**. Ph.D. Dissertation, University of Maryland at College Park, 151 p., 1993.
- NOBRE, P.; SHUKLA, J. Variations of sea surface temperature, wind stress, and rainfall over the tropical Atlantic and South America. **Journal of Climate**, v. 9, p.2464–2479, 1996.
- PINTO, J. E. S. S. **Os reflexos da seca no Estado de Sergipe**. São Cristóvão: NPGeo/UFS, 1999. 179 p.
- RAO, V. B.; LIMA, M. C., FRANCHITO, S. H. Seasonal and interannual variations of rainfall over eastern Northeast Brazil. **J. of Climate**, v.6, p.1754-1763, 1993.
- RUSKIN, R. H. Manutenção de água de cisterna, 3a parte: brindemos à sua saúde! **Água Latinoamérica**. Septiembre/Octubre, 2001. 6 p.
- SANTOS, M. J. **Água e qualidade de vida em cinco comunidades rurais do semi-árido de Sergipe**. 1999. 187 f. Dissertação (Mestrado). PRODEMA/NESA/UFS. Aracaju: 1999.
- SANTOS, A. F.; ANDRADE, J. A. **Delimitação e regionalização do Brasil Semi-árido**. UFS. Aracaju, 1992.
- SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - SEMEARH. Disponível em: [www.semarh.se.gov.br](http://www.semarh.se.gov.br). Acessado em 10/10/2008.
- VIEIRA, V. P. P. B.; GONDIM FILHO, J. G. Água doce no Semi-árido. In: REBOUÇAS, Aldo da C. et al. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3ª. Ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2006. 703 p.