

Capítulo 2

Aspectos meteorológicos do Semiárido brasileiro

Magna Soelma Beserra de Moura

José Espínola Sobrinho

Thieres George Freire da Silva

Werônica Meira de Souza

1 INTRODUÇÃO

Conhecer a atmosfera do planeta Terra é uma das aspirações que vêm sendo perseguidas pela humanidade desde os tempos mais remotos. A partir do momento em que o homem tomou consciência da interdependência das condições climáticas e daquelas resultantes de sua deliberada intervenção no meio natural, como necessidade para o desenvolvimento social, ele passou a produzir e registrar o conhecimento sobre os componentes da natureza (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

A agricultura é uma das atividades econômicas mais dependentes das condições climáticas. Os elementos meteorológicos afetam não só os processos metabólicos das plantas, diretamente relacionados à produção vegetal, como também as mais diversas atividades no campo. Cerca de 80% da variabilidade da produção agrícola no mundo devem-se às oscilações das condições meteorológicas durante o ciclo de cultivo, especialmente, para as culturas de sequeiro, já que os agricultores não podem exercer controle sobre tais fenômenos naturais (MONTEIRO, 2009).

A Agrometeorologia ou Meteorologia Agrícola é a área das Ciências Naturais que realiza o estudo das condições atmosféricas e suas interferências no meio rural, resultando em aplicação direta no planejamento e na tomada de decisões na agropecuária. De um modo geral, as variáveis meteorológicas que afetam o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade das espécies, principalmente das culturas agrícolas, são chuva, temperatura do ar, radiação solar, fotoperíodo, umidade do ar e do solo e velocidade e direção do vento (MONTEIRO, 2009).

O Semiárido brasileiro é caracterizado por um conjunto de períodos com balanços hídricos negativos, resultantes da precipitação média anual inferior a 800 mm, insolação média de 2.800 horas por ano e umidade relativa anual média em torno de 50% (MOURA et al., 2007). Neste ambiente, a irregularidade espacial e temporal das chuvas, a ocorrência de anos secos consecutivos e a precipitação concentrada em poucos dias e mal distribuída em quatro meses do ano são determinantes para a sobrevivência das famílias e a produção agrícola e dos rebanhos. Dessa forma, este capítulo aborda os principais sistemas meteorológicos que ocasionam as precipitações no Semiárido brasileiro e traz um resumo dos mapas climáticos de chuva, evaporação, temperatura e umidade relativa do ar.

2 PRINCIPAIS SISTEMAS METEOROLÓGICOS RESPONSÁVEIS PELAS CHUVAS NO NORDESTE BRASILEIRO

O clima de qualquer região é determinado em grande parte pela circulação geral da atmosfera. Essa circulação resulta do aquecimento diferencial do globo pela radiação solar, da distribuição assimétrica de oceanos e dos continentes, assim como das características topográficas sobre este último. Padrões de circulação gerados na atmosfera redistribuem calor, umidade e momentum (quantidade de movimento) por todo o globo. No entanto, essa redistribuição não é homogênea, agindo algumas vezes no sentido de diminuir as variações regionais dos elementos climáticos, como temperatura e precipitação, as quais, têm enorme influência nas atividades humanas (FERREIRA; MELLO, 2005).

Do ponto de vista climático, a maior porção da região Nordeste do Brasil (NEB) é considerada semiárida por apresentar substanciais variações

temporais e espaciais da precipitação pluviométrica e elevadas temperaturas ao longo do ano (AZEVEDO, 1998). Apesar das elevadas temperaturas registradas, as amplitudes térmicas máximas oscilam em torno de 6 °C.

Devido à localização no extremo leste da América do Sul tropical, a NEB está submetida à influência de fenômenos meteorológicos que lhe conferem características climáticas peculiares, que a diferenciam das demais regiões semiáridas de todo o mundo (MOLION; BERNARDO, 2000). A grande variabilidade no regime pluviométrico do Nordeste do Brasil é, em parte, explicada em função dos diversos fenômenos que atuam nessa área. Na região Nordeste do Brasil há pelo menos cinco sistemas meteorológicos (Figura 1).

Figura 1 – Principais sistemas causadores de chuva no Nordeste brasileiro



Fonte: autores.

Estes sistemas produzem precipitação pluviométrica, são eles: a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT); as instabilidades associadas a Frentes Frias; os Distúrbios Ondulatórios de Leste ou Ondas de Leste; os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior - VCAS (Ciclones na Média e Alta Tropos-

fera do tipo Baixas Frias); e as Brisas Terrestre e Marítima. Cada um desses sistemas atua mais fortemente em sub-regiões distintas, mas também podem se sobrepor em algumas sub-regiões, tanto nas mesmas épocas quanto em períodos diferentes. Alguns desses sistemas são influenciados pelo albedo da superfície e pela orografia. Ressalta-se também a importância e a influência dos fenômenos climáticos El Niño, La Niña, Dipolo do Atlântico e das Oscilações de 30-60 dias nas chuvas do Nordeste brasileiro.

- Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)

A confluência dos ventos alísios do Hemisfério Norte (alísios de nordeste) e os do Hemisfério Sul (alísios de sudeste) forma a ZCIT. O resultado dessa confluência ocasiona movimentos ascendentes do ar com alto teor de vapor d'água. Ao subir na atmosfera, o vapor d'água se resfria e condensa dando origem ao aparecimento de nuvens numa faixa que é conhecida como tendo a mais alta taxa de precipitação do Globo Terrestre. A faixa de convergência é facilmente reconhecida em fotos aéreas e imagens de satélites pela presença quase constante de nebulosidade (HASTENRATH; HELLER, 1977; CAVALCANTI et al., 2009). É considerado o sistema gerador mais importante de precipitação sobre a região equatorial dos oceanos Atlântico, Pacífico e Índico, assim como sobre áreas continentais adjacentes.

Esse sistema atmosférico, em geral, atua sobre uma região qualquer pelo período superior a dois meses, ou seja, é um fenômeno tipicamente climático, com uma escala de tempo sazonal. O seu eixo médio determina a conhecida posição da ZCIT; sendo que a nebulosidade e a precipitação acontecem no entorno desse eixo, principalmente na direção norte-sul. Esse eixo varia no sentido norte-sul, durante o ano, e sua intensidade depende da circulação geral da atmosfera, bem como do aquecimento da superfície. Esse eixo acompanha o deslocamento aparente do Sol com um atraso de aproximadamente dois meses, em média. Na faixa do Atlântico na região da América do Sul, sua posição mais ao norte se dá em agosto-setembro quando alcança 15º N, enquanto sua posição mais ao sul acontece em março-abril quando chega a 5º S. Essas posições podem variar mais para norte ou para sul em alguns anos, o que está associado com a ocorrência de secas (posição mais ao norte) e de chuvas acima da média (posição mais ao sul) (CAVIEDES, 1972).

A ZCIT é mais significativa sobre os oceanos e por isso, a Temperatura da Superfície do Mar (TSM) é um dos fatores determinantes na sua posição e intensidade (FERREIRA; MELLO, 2005), podendo ser utilizada para previsão da localização futura da ZCIT com alguns meses de antecedência. Contudo,

as chuvas intensas ocorridas em algumas áreas sob a influência da ZCIT, geralmente, só são previstas com poucas horas, e a melhoria da previsão desses sistemas depende de informações de altitude e de radar meteorológico.

A atuação da ZCIT no Nordeste brasileiro se dá, principalmente, nos meses de março e abril, e, em muitos anos, está presente nos meses de fevereiro e maio. Por outro lado, em anos nos quais a ZCIT não se apresenta sobre a região nos meses de março ou abril, o Nordeste sofre com a redução de chuvas, principalmente na sua parte semiárida mais ao norte, como nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba.

- Sistemas Frontais ou Frentes Frias

É outro importante mecanismo causador de chuvas no NEB que está ligado à penetração de Frentes Frias (FF) vindas do polo sul e que chegam a atingir até as latitudes tropicais entre os meses de novembro e fevereiro. A penetração de frentes frias provenientes de regiões sub-antárticas, adentrando o Brasil e a região Nordeste, ou as instabilidades causadas pelo avanço desses sistemas, constituem um dos mecanismos da produção de chuvas na região. Esse mecanismo foi reconhecido por Serra em 1941 e bem documentado por Kousky em 1979. A frequência desses sistemas é de aproximadamente um a cada cinco dias no Sul e Sudeste do Brasil, mas, somente alguns desses sistemas ou parte deles penetram mais ao norte (KOUSKY; VIRJI, 1982). Dessa maneira, são poucos os sistemas que influenciam o semiárido do Nordeste produzindo chuvas, onde eles não possuem o gradiente térmico característico que apresentam nas regiões Sul e Sudeste do Brasil.

As frentes frias (FF) são bandas de nuvens organizadas que se formam na região de confluência entre uma massa de ar frio (mais densa) e uma massa de ar quente (menos densa). As FF são facilmente identificadas nas imagens de satélite e geralmente se deslocam de sudoeste para nordeste sobre o continente e oceano Atlântico adjacente. Algumas vezes, estas alcançam latitudes muito baixas sobre o oeste da Amazônia e ao longo da costa do NEB, interagindo com o ar quente e úmido tropical, produzindo chuvas fortes sobre o continente, no litoral NEB (CAVALCANTI et al., 2009).

Ressalta-se que as bandas de nebulosidade associadas aos sistemas frontais que penetram na região Nordeste do Brasil são na verdade remanescentes de frentes frias que avançam sobre o sul da região Nordeste, influenciando-a, principalmente, entre os meses de novembro e fevereiro. Em alguns casos as FF podem se associar a outros sistemas meteorológicos e influenciar as precipitações do NEB nos meses de maio a agosto.

- *Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN)*

Os VCAN que atingem a região NEB são sistemas meteorológicos caracterizados por centros de pressão relativamente baixa que se originam na alta troposfera e se estendem até os níveis médios, dependendo da instabilidade atmosférica (CAVALCANTI et al., 2009). Formam-se no oceano Atlântico, entre os meses de outubro e março, e sua trajetória normalmente é de leste para oeste, com maior frequência entre os meses de janeiro e fevereiro. Os VCAN são conjuntos de nuvens que, observados pelas imagens de satélite, têm a forma aproximada de um círculo girando no sentido horário. Na sua periferia há formação de nuvens causadoras de chuva e no centro há movimentos de ar de cima para baixo (subsidência), aumentando a pressão e inibindo a formação de nuvens e de chuva. O tempo de vida desses sistemas varia, em média, entre 7 e 10 dias.

- *Linhas de Instabilidade (LI)*

As linhas de instabilidade que se formam, principalmente, nos meses de verão no hemisfério sul (dezembro a março), ao sul da Linha do Equador influenciam as chuvas no litoral norte do Nordeste e regiões adjacentes e ocorrem no período da tarde e início da noite. As Linhas de Instabilidade são bandas de nuvens causadoras de chuva, normalmente do tipo cúmulos, organizadas em forma de linha, daí o seu nome. Sua formação se dá basicamente pelo fato de que com a grande quantidade de radiação solar incidente sobre a região tropical ocorre o desenvolvimento das nuvens tipo cúmulos, que atingem um número maior à tarde, quando a convecção é máxima, com consequentes chuvas. Outro fator que contribui para o incremento das Linhas de Instabilidade, principalmente nos meses de fevereiro e março, é a proximidade da ZCIT (FERREIRA; MELLO, 2005).

- *Ondas de Leste (OL)*

Também conhecidas como Distúrbios Ondulatórios de Leste são ondas que se formam no campo de pressão atmosférica, na faixa tropical do globo terrestre, na área de influência dos ventos alísios, e se deslocam de leste para oeste, ou seja, desde a costa da África até o litoral leste do Brasil. Este sistema provoca chuvas, principalmente, na Zona da Mata que se estende desde o Recôncavo Baiano até o litoral do Rio Grande do Norte. Quando as condições oceânicas e atmosféricas estão favoráveis as Ondas de Leste também provocam chuvas no interior do Nordeste brasileiro, alcançando

áreas do semiárido nos meses de junho, julho e agosto, principalmente na parte centro-norte da região com distâncias que podem chegar até 200 km distante do litoral (CAVALCANTI et al., 2009). Entretanto, condições do relevo, particularmente as serras entre os estados do Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco atuam com uma barreira física impedindo o avanço das ondas de lestes para o sertão destes estados, resultando em menores precipitações nas áreas localizadas após o bloqueio ocasionado pelo relevo.

- *Complexos Convectivos de Mesoescala (CCMS)*

Os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCMS) são aglomerados de nuvens que se formam devido às condições locais favoráveis como temperatura, relevo, pressão, etc., e provocam chuvas fortes e de curta duração, normalmente, acompanhadas de fortes rajadas de vento. Os CCMS, na região subtropical, ocorrem preferencialmente durante os meses de primavera e de verão no hemisfério sul, formando-se no período noturno com um ciclo de vida entre 10 e 20 horas (SOUZA; ALVES; REPELLI, 1998). Normalmente, as chuvas associadas a este fenômeno meteorológico ocorrem de forma isolada.

Os CCMS apresentam como característica marcante sua organização em diversas escalas espaciais, desde células isoladas de poucas centenas de metros, até grandes aglomerados convectivos, de milhares de quilômetros (CAVALCANTI et al., 2009).

- *Brisa Marítima e Brisa Terrestre*

Resultam do aquecimento e resfriamento diferenciais que se estabelecem entre a terra e a água (FEDOROVA, 2001). Durante o dia, o continente se aquece mais rapidamente que o oceano adjacente, fazendo com que a pressão sobre o continente seja mais baixa que sobre o oceano. Isto faz com que o vento à superfície sopra do oceano para o continente, vento esse denominado de brisa marítima.

A brisa marítima chega até 100 km dentro do continente. No período da noite, o continente perde calor mais rapidamente que o oceano, fazendo com que esse fique com temperaturas mais elevadas se comparadas às do continente. Dessa forma, a pressão fica maior sobre o continente, fazendo com que o vento sopra do litoral para o oceano, vento esse chamado de brisa terrestre. A brisa terrestre também afeta até 100 km para dentro do mar. No NEB, onde os ventos alísios são persistentes e intensos durante todo o ano, quase sempre as brisas apenas contribuem para mudar um pouco a

direção e a velocidade dessas (VAREJÃO-SILVA, 2006), podendo alterar a dinâmica das nuvens, e possivelmente da chuva.

- Influência dos oceanos Pacífico e Atlântico (El Niño, La Niña e Dipolo)

Em anos de El Niño (aquecimento acima do normal das águas do Oceano Pacífico Equatorial), quando as águas superficiais da Bacia do Pacífico, em torno do Equador, e sobre o lado centro-leste, estão mais aquecidas, toda a convecção equatorial também se desloca para o leste, alterando, assim, o posicionamento da Célula de Walker. Devido à continuidade da circulação atmosférica, o ar quente sobre aquela região é empurrado, originando uma célula descendente sobre o oceano Atlântico, próximo à região NEB e à Amazônia Oriental. Dependendo da intensidade dessa célula de circulação e de sua fase de ocorrência, pode haver inibição da formação de nuvens e da descida da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e, conseqüentemente, deficiência das chuvas na região do NEB (Boletim de Monitoramento Climático - Monitor Climático, 1997). Assim, o fenômeno El Niño, é um dos responsáveis pela redução das chuvas na região norte do Nordeste do Brasil (NNEB).

O fenômeno El Niño, por exemplo, dependendo da intensidade e do período do ano em que ocorre, é um dos responsáveis por anos considerados secos ou muito secos no NEB, principalmente, quando acontece conjuntamente com o dipolo positivo do Atlântico [Dipolo do Atlântico: diferença entre a anomalia da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) na Bacia do Oceano Atlântico Norte e Oceano Atlântico Sul], que é desfavorável às chuvas. Por sua vez, o fenômeno La Niña (resfriamento anômalo das águas do Oceano Pacífico) associado ao dipolo negativo do Atlântico (favorável às chuvas) é normalmente responsável por anos considerados normais, chuvosos ou muito chuvosos na região.

A faixa branca entre a América do Sul e África na Figura 2 indica a posição da ZCIT, enquanto "AAN" significa Sistema de Alta Pressão do Atlântico Norte. As setas indicam a intensificação dos ventos alísios de Nordeste.

Quando as águas do Atlântico Norte estão mais frias que o normal, o Sistema de Alta Pressão do Atlântico Norte e os ventos alísios de nordeste se intensificam. Se neste mesmo período o Atlântico Sul estiver mais quente que o normal, o Sistema de Alta Pressão do Atlântico Sul "AAS" e os ventos alísios de sudeste enfraquecem. Este padrão favorece o deslocamento da ZCIT para posições mais ao sul da linha do Equador, e é propício à

ocorrência de anos normais, chuvosos ou muito chuvosos para o setor norte do Nordeste do Brasil. Na Figura 2b, a faixa em branco indica a posição da ZCIT e o “AAS” Sistema de Alta Pressão do Atlântico Sul. As setas indicam a intensificação dos ventos alísios de sudeste. Quando as águas do Atlântico Sul estão mais frias que o normal, o Sistema de Alta Pressão do Atlântico Sul “AAS” e os ventos alísios de sudeste intensificam-se. Se neste mesmo período as águas no Atlântico Norte estiverem mais quentes que o normal, o Sistema de Alta Pressão do Atlântico Norte “AAN” e os ventos alísios de nordeste enfraquecem. Este padrão favorece o deslocamento da ZCIT para posições mais ao norte da linha do Equador e é propício à ocorrência de anos secos ou muito secos para o setor norte do Nordeste do Brasil.

Em função disso, o monitoramento dos padrões oceânicos e atmosféricos durante a pré-estação e a estação das chuvas é de fundamental importância para que as previsões de tempo e de clima possam ser geradas com maior grau de confiabilidade possível. Muitos trabalhos (ALVES et al., 1997; MOURA; SHUKLA, 1996; UVO et al., 1997) mostram a influência do Oceano Atlântico Tropical na distribuição das chuvas nas regiões tropicais do continente sul-americano, principalmente sobre o setor norte do Nordeste do Brasil. Estes trabalhos mostram que, o El Niño, quando acontece conjuntamente com o Dipolo Positivo do Atlântico, que é desfavorável às chuvas, causam anos secos ou muito secos no NEB. O fenômeno La Niña associado ao Dipolo Negativo do Atlântico (favorável às chuvas) é normalmente responsável por anos considerados normais, chuvosos ou muito chuvosos na região.

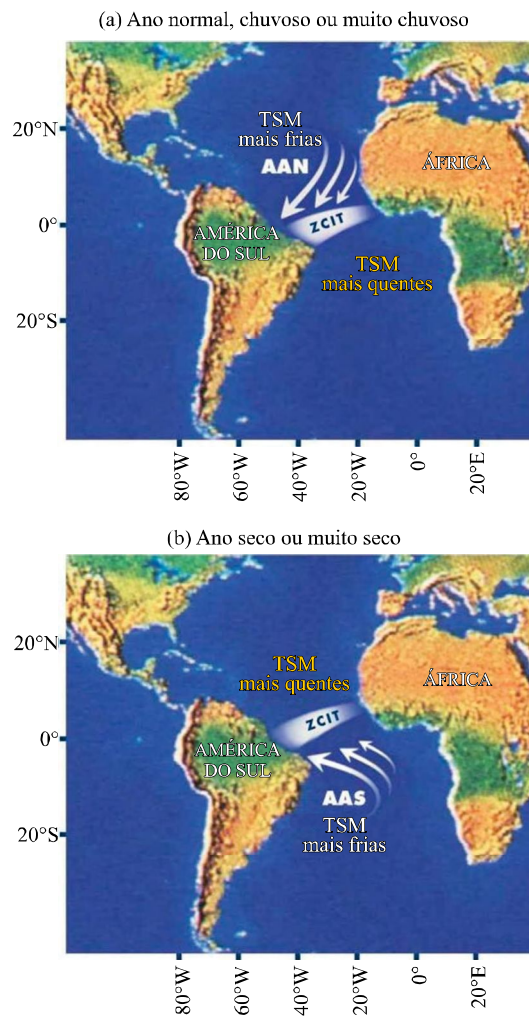
A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) que atua sobre o oceano Atlântico é responsável pelas precipitações que ocorrem no centro norte da região no período de fevereiro a maio. Os Sistemas Frontais ou Frentes Frias (FF), que provocam chuva no centro sul do NEB, atuam nos meses de novembro a janeiro. Já os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) que ocorrem na primavera, verão e outono (de setembro a abril), normalmente são mais frequentes no mês de janeiro. Por sua vez, os eventos El Niño/La Niña/Oscilação Sul (ENOS), que são resultantes de alterações nos valores da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no oceano Pacífico (Dipolos), os Ventos Alísios e a Pressão ao Nível do Mar (PNM) exercem influência nos padrões de chuva no NEB com maior ou menor intensidade a depender da localização dos estados na região. Além desses mecanismos, podem-se destacar, também, as ondas de leste, que são responsáveis pelas chuvas

no leste do NEB entre maio e agosto; a atuação das Linhas de Instabilidade (LI), dos Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) (FERREIRA; MELLO, 2005), e o efeito das brisas marítima e terrestre na precipitação.

Em função desses fenômenos que influenciam a origem e a formação das precipitações pluviométricas na região, pode-se afirmar que o Nordeste Brasileiro possui pelo menos três regimes pluviométricos diferentes, conforme descritos abaixo e apresentados na Figura 3:

- Regime Tropical da Zona Equatorial: onde as maiores precipitações ocorrem nos meses de março e abril (mas se estendem de fevereiro a maio) e se originam, principalmente, pelo posicionamento da Zona de Convergência Intertropical. Abrange a maior parte do semiárido, onde também se tem registros das grandes secas;
- Regime Tropical do Brasil Central: as áreas onde ocorrem esse regime de precipitação se concentram na porção sul-sudoeste do Nordeste, sobre todo interior da Bahia, sul do Maranhão e do Piauí. Nessas áreas as precipitações se concentram entre outubro e fevereiro, sendo que existem regiões marcadas por chuvas resultantes das frentes frias, entre novembro e dezembro; e outras em que as maiores precipitações ocorrem em dezembro e janeiro, cuja origem pode ser de diversos mecanismos como Frentes Frias vindas dos Polos e os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN);
- Regime Mediterrâneo: ocupando todo Leste e Zona da Mata do NEB, este regime se caracteriza por apresentar chuvas entre abril e agosto, com as maiores precipitações ocorrendo de maio a junho. Os principais sistemas causadores de chuvas são a diferença de temperatura entre o mar e o continente que originam e direcionam ventos e nuvens carregados de umidade para a região litorânea e Zona da Mata, ou seja, são as ondas de Leste atuando na formação da precipitação.

Figura 2 – Esquema simplificado dos padrões oceânicos e atmosféricos que contribuem para a ocorrência de anos muito secos, secos, normais, chuvosos e muito chuvosos, na parte norte da região Nordeste do Brasil



Fonte: FERREIRA; MELLO (2005).

Figura 3 – Distribuição dos principais regimes de chuva sobre o Nordeste brasileiro



Fonte: Adaptado de Nobre e Molion (1988).

3 CLIMATOLOGIA DO SEMIÁRIDO

A Climatologia é a ciência que realiza o estudo do clima por meio da utilização de técnicas estatísticas aplicadas aos elementos meteorológicos. Dessa forma, o clima é uma espécie de resumo das condições atmosféricas

de um determinado lugar, durante certo tempo, que deve ser longo o suficiente para melhor caracterizá-lo. Quando esse tempo é de 30 anos, diz-se que os dados se referem à Normal Climatológica. Os principais fenômenos e elementos meteorológicos que caracterizam o clima de uma região são: chuva, temperatura, umidade do ar, pressão atmosférica, ventos, radiação solar e evaporação.

Apesar da grande extensão territorial, o Semiárido brasileiro apresenta clima pouco diversificado. Segundo Alvares et al. (2013), o clima semiárido ocorre em quase a totalidade do interior do NEB. As principais ocorrências de microclimas são devidas aos aspectos de relevo, marcadamente onde ocorrem maiores altitudes, como verificado no interior da Bahia; e de continentalidade e proximidade do litoral, onde ainda podem ser observadas a ocorrência de frentes frias ou ondas de leste. Nestas situações, verificam-se microclimas, em geral, com maiores valores de precipitação e menores médias anuais da temperatura do ar.

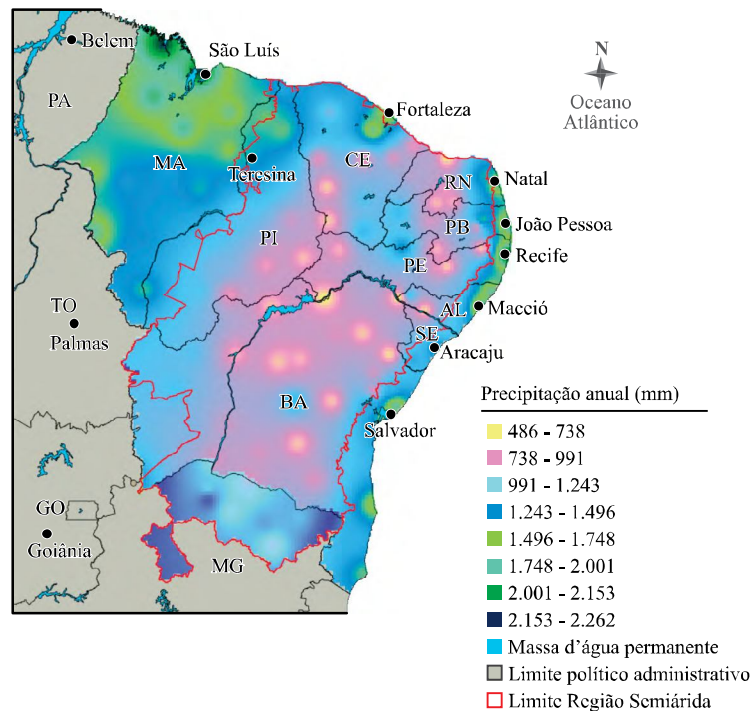
O clima tem grande influência na ocorrência das espécies e em sua caracterização, inclusive na do homem. Assim, a área de ocorrência da Caatinga é quase coincidente com o atual limite do Semiárido brasileiro, sendo que a Caatinga também ocorre na porção Oeste e Norte do Estado do Piauí, Norte do Ceará e em parte do litoral Leste da Região Nordeste. O Semiárido brasileiro é a área semiárida mais povoada do mundo, que em função das adversidades climáticas associadas a outros fatores históricos, geográficos e políticos, abriga a maior parte da população pobre do Brasil, resultando em graves problemas sociais (NORDESTE, 1999).

O clima constitui a característica mais importante do semiárido, sendo responsável pelo sucesso da atividade agropecuária e, conseqüentemente, pela sobrevivência das famílias, que são altamente dependentes da água de chuva. Informações com as normais climatológicas são apresentadas em Diniz; Ramos; Rebello (2018). O regime de chuvas é marcado pela escassez, acentuada irregularidade espaço-temporal e longos períodos de estiagem, onde maior parte da precipitação, geralmente, ocorre em três meses, com média anual inferior a 800 mm (Figura 4). Essas características resultam na ocorrência frequente de dias sem chuvas, ou seja, veranicos, e, conseqüentemente, em eventos de seca.

A acentuada variabilidade interanual da pluviometria na Região semiárida está associada a variações de padrões de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) sobre os oceanos tropicais, que afetam a posição e a intensidade da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o oceano Atlântico,

assim como às anomalias de temperatura observadas no Oceano Pacífico, que resultam em anos com La Niña e/ou El Niño.

Figura 4 – Precipitação média anual do Semiárido brasileiro para o período de 1981 a 2010

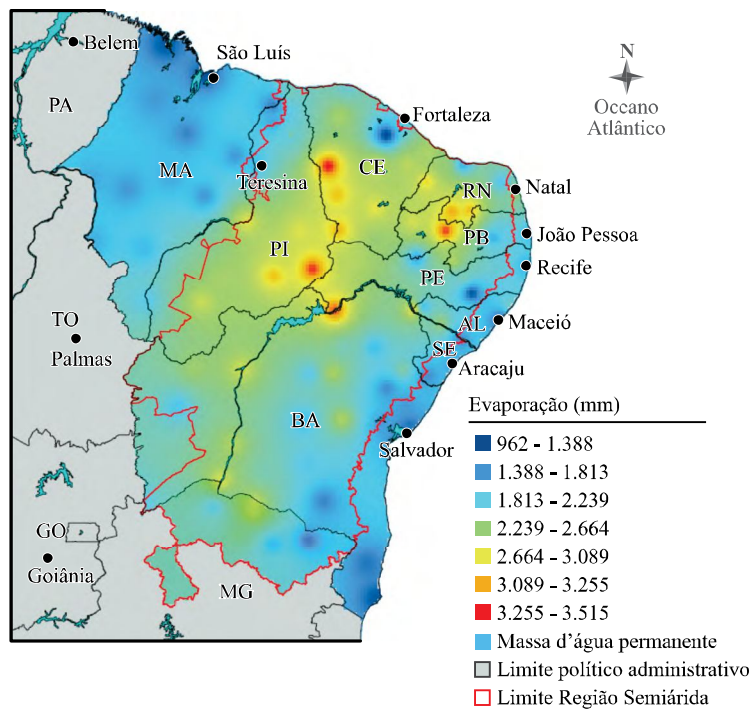


Fonte: Dados do INMET (2019), elaborado por ETENE/Banco do Nordeste.

Na Figura 4 observa-se grande variabilidade nos totais anuais de chuva, com registros de valores superiores a 1.500 mm no litoral Leste e inferiores a 500 mm no interior da região. Percebe-se, também, uma variação do litoral para o interior, com redução nos totais anuais nessa direção. Contudo, existem locais onde podem ser observados valores de chuva próximos a 1.200 mm no interior: estas áreas coincidem com microclimas específicos, resultantes da presença de serras e montanhas, e não são visíveis no mapa na escala apresentada.

A elevada disponibilidade de radiação solar, associada à irregularidade do regime pluviométrico, contribui para o aumento das taxas de evaporação (Figura 5) as quais variam de 1.200 a 3.200 mm ano⁻¹. Os valores maiores correspondem às regiões no interior do Estado e os valores menores são observados nas áreas próximas às faixas litorâneas.

Figura 5 – Climatologia da evaporação anual para o Semiárido brasileiro para o período de 1981 a 2010



Fonte: Dados do INMET (2019), elaborado por ETENE/Banco do Nordeste.

As altas taxas de evaporação (potencial e real) que ocorrem no Semiárido brasileiro, tanto em superfícies livres de água (açudes, represas, etc.) como no solo, representam uma perda significativa na disponibilidade hídrica. Esta perda tem implicações diretas no crescimento e desenvolvimento das espécies, o que, ao longo dos séculos pode resultar em seleção e adap-

tação das mais resistentes à falta de água; bem como influenciar no desenvolvimento de estratégias para convivência das famílias e da agropecuária.

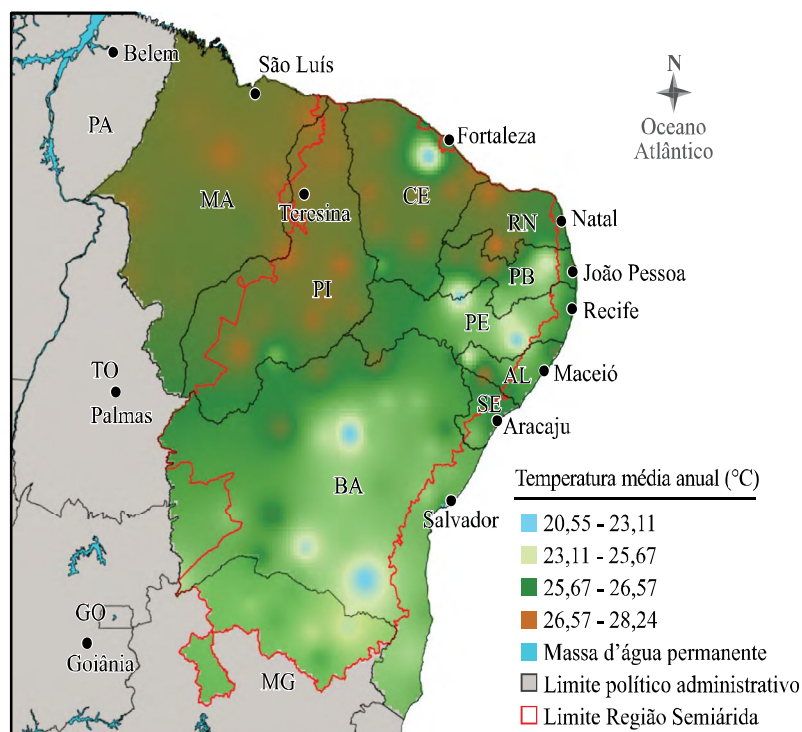
As informações sobre precipitação e evaporação podem ser estudadas com a finalidade de conhecer o extrato do balanço hídrico climatológico que, por sua vez, informa sobre os locais onde há maior ou menor excesso de água ou déficit hídrico. É importante notar que onde ocorrem os menores valores de precipitação são verificados também as maiores taxas de evaporação, e dessa forma, nessas áreas são observadas as maiores deficiências hídricas.

Para o cômputo do balanço hídrico, os dados mensais da temperatura do ar são utilizados no cálculo da evapotranspiração. No Semiárido brasileiro, as temperaturas médias anuais são bastante elevadas e a maior parte da área apresenta valores na faixa de 24 °C a 28 °C (Figura 6), com destaque para a região oeste do Rio Grande Norte e Ceará, e grande parte do Piauí.

Com base em dados medidos em estações meteorológicas no período de 1981 a 2010 (INMET,2009), tem-se observado, excetuando algumas áreas de maior altitude e Centro-Sul da Bahia, onde a temperatura média anual é em torno de 23 °C, que o Semiárido apresenta elevada temperatura média anual, com faixas bem características de acordo com a latitude, em que os valores variam de quase 28 °C para 24 °C, respectivamente, das menores para as maiores latitudes (Figura 6).

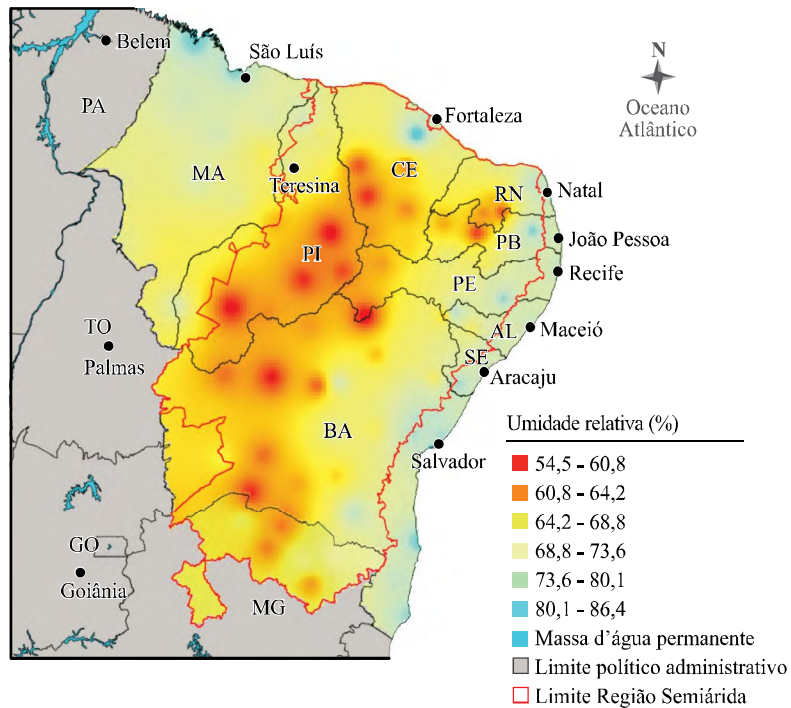
As condições climáticas rigorosas também estão representadas nos baixos valores da umidade relativa do ar (Figura 7), com valores próximos a 56% na porção central do Semiárido. Conforme pode ser observado na Figura 7, a umidade relativa do ar vai aumentando à medida em que ocorre o afastamento da parte central do semiárido, alcançando valores em torno de 76-80% na faixa de transição entre o semiárido e o litoral Leste da região Nordeste. Valores ao redor de 64-68% podem ser observados no limite Oeste do Semiárido, na divisa entre os estados do Piauí e Maranhão. Os ventos fortes e secos, associados aos demais elementos climáticos e as características de relevo e solo determinam a aridez da paisagem.

Figura 6 – Climatologia da temperatura média anual no Semiárido brasileiro para o período de 1981 a 2010



Fonte: Dados do INMET (2019), elaborado por ETENE/Banco do Nordeste.

Figura 7 – Climatologia da umidade relativa do ar no Semiárido brasileiro para o período de 1981 a 2010



Fonte: Dados do INMET (2019), elaborado por ETENE/Banco do Nordeste.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Semiárido brasileiro apresenta um conjunto de características climáticas singulares que o distinguem das demais regiões brasileiras e mundiais, e apesar da sua grande extensão territorial apresenta clima pouco diversificado, que influencia diretamente nas atividades agropecuárias e extrativistas.

As temperaturas elevadas quando associadas às altas taxas evapotranspiratórias e aos baixos valores de chuvas, são responsáveis pelo fenômeno da seca, que é bastante comum nessa região. Tais características são influenciadas por vários fenômenos meteorológicos que precisam ser melhor entendidos por meio de estudos científicos realizados em institutos climáticos.

O monitoramento climático realizado nessa região tem resultado em dados que permitem o conhecimento da climatologia do Semiárido brasileiro e, com isso, tem sido possível mapear áreas com características climáticas semelhantes que, por sua vez, torna possível o desenvolvimento de ferramentas e técnicas de convivência com o clima semiárido. Assim, conhecendo como ocorrem as variações dos principais elementos climáticos, como a precipitação, a radiação solar e a temperatura, é possível delimitar áreas aptas aos cultivos (zoneamento de risco climático), selecionar espécies de plantas e animais adaptados a essas condições climáticas, definir técnicas de manejo de culturas para alimentação humana e animal, identificar coeficientes técnicos necessários à irrigação de culturas, identificar as melhores tecnologias de captação de água de chuva, direcionar programas de melhoramento genético com base em plantas resistentes a altas temperaturas e a deficiência hídrica, dentre outros.

Além disso, estudos recentes estão indicando que o Semiárido brasileiro poderá ser uma das áreas do país mais afetadas pelas mudanças do clima, o que torna imperativo o direcionamento de estudos técnico-científicos, objetivando um melhor entendimento acerca da climatologia da região, dos fenômenos atmosféricos que ocasionam a ocorrência de chuvas (e secas), e das relações entre o clima e a produção agropecuária nesse ambiente em que a população é extremamente dependente da água de chuva.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALVES, J. M. B.; SOUZA, E. B. de; REPELLI, C. A.; VITORINO, M. I.; FERREIRA, N. S. Episódios de La Niña na bacia do oceano Pacífico Equatorial e a distribuição de chuvas no setor norte do Nordeste Brasileiro. **Rev. Bras. de Met.**, v. 12, p. 63-76, 1997.
- AZEVEDO, P. V.; SILVA, B. B.; RODRIGUES, M. F. G. Previsão estatística das chuvas de outono no estado do Ceará. **Rev. Bras. de Meteorologia**, v. 13, n. 1, p. 19-30, 1998.
- BOLETIM DE MONITORAMENTO CLIMÁTICO - Monitor Climático, 1997
- CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J.; DIAS, M. A. F. S. Tempo e clima no Brasil. **Oficina de Textos**, São Paulo, v. 1, 2009.
- CAVIEDES, C. N. Secas and El Niño: two simultaneous climatological hazards in South America. **Proceedings of the Association of American Geography**, v.5, p. 44-49, 1972.
- DINIZ, F. A.; RAMOS, A. M.; REBELLO, E. R. G. Brazilian climate normals for 1981–2010. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 53, n. 2, p. 131-143, Feb. 2018.

- FEDOROVA, N. **Meteorologia Sinótica**. v. 2. Pelotas: Editora UFPel, 2001.
- FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Rev. Brasileira de Climatologia**, v. 1, n. 1, p. 15-28, 2005.
- HASTENRATH, S.; HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in Northeast Brazil. **Quart. Journal of the Royal Met. Society**, Berkshire, v. 103, p. 77-92, 1977.
- INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Normais Climatológicas do Brasil 1981-2010. Brasília, 2018. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>>. Acesso em: 28 de dez. 2018.
- KOUSKY, V. E. Frontal influences on Northeast Brazil. **Monthly Weather Review**, v. 107, p. 1140-1153, 1979.
- KOUSKY, V. E., VIRJI, H. A entrada de um sistema frontal em latitudes baixas e seus efeitos na atividade convectiva tropical. São José dos Campos, Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), 2582-PRE/230, 1982.
- MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. **Oficina de Textos**, São Paulo, v. 1, 2007.
- MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. O. Dinâmica das chuvas no Nordeste Brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11., 2000, Rio de Janeiro. **Anais...**, Rio de Janeiro: SBMET, p. 1.334-1.342, 2000.
- MONTEIRO, J. E. B. A. Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola. INMET, Brasília, v. 1, 2009.
- MOURA, A. D.; SHUKLA, J. On the dynamics of droughts in the Northeast Brazil: observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. **Journal of Atmospheric Sciences**, v. 38, n. 12, 2.653-2.675, 1996.
- MOURA, M. S. B. et al. Clima e água de chuva no Semiárido. In: BRITO, L. T. de L.; MOURA, M. S. B. de; GAMA, G. F. B. (Ed.). Potencialidades da água de chuva no Semiárido brasileiro. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2007.
- NOBRE, C. A.; MOLION, L. C. B. The climatology of droughts and drought prediction. In: PARRY, M. P.; CARTER, T. R.; N. T. KONIJN (eds.). Impacts of climatic variations on agriculture. v. 2: Assesments in semi-arid regions. D. Reidel Pub. Co., 1988.
- SOUZA, E. B.; ALVES J. M. B.; REPELLI, C. A. Um complexo convectivo de mesoescala associado à precipitação intensa sobre Fortaleza/CE. **Rev. Bras. de Met.**, v. 13, n. 2, 1-14, 1998.
- UVO, C. R. B.; REPELLI, C. A.; ZEBIACK, S.; KUSHINIR, Y. A study on the influence of the Pacific and Atlantic on the Northeast Brazil monthly precipitation using singular value decomposition (SVD). **Journal of Climate**, v. 11, p. 551-562, 1997.
- VAREJÃO-SILVA, M. A. Meteorologia e climatologia. Versão digital 2. Recife, 2006. Disponível em: <http://www.agritempo.gov.br/modules.php?name=Downloads&d_op=viewdownload&cid=19>. Acesso em: 25 mar. 2010.