



Sistemas de informações agrometeorológicas da FUNCEME

Meiry Sayuri Sakamoto^{(1)(*)}, Fernando César Moura de Andrade⁽¹⁾, Eduardo Sávio Passos Rodrigues Martins⁽¹⁾,
Margareth Sílvia Benício de Souza Carvalho⁽¹⁾

⁽¹⁾FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, Av. Rui Barbosa, 1246 – Aldeota, Fortaleza, CE, Brasil.

^(*) Autor para correspondência: meiry@funceme.br

INFORMAÇÕES

História do artigo:

Recebido em 21 de julho de 2015

Aceito para publicação em 17 de agosto de 2015

Termos para indexação:

chuva,
agricultura,
irrigação,
gestão de recursos hídricos,
sistema de suporte à decisão.

RESUMO

A agricultura é um dos setores que mais se ressentem da variabilidade e irregularidade das chuvas, típicas do clima semiárido que predomina no Estado do Ceará. Embora seja menos dependente do que a agricultura de sequeiro, culturas irrigadas também sofrem os impactos, principalmente, em períodos prolongados de seca quando os reservatórios não recebem aporte de água significativo. Neste artigo são apresentados os principais Sistemas de Informação Agrometeorológica desenvolvidos pela FUNCEME para subsidiar a tomada de decisão para uma gestão sustentável no setor agrícola. São soluções tecnológicas disponibilizadas pela internet e que permitem identificar áreas com potencial de plantio em função da qualidade da estação chuvosa, estimar o rendimento das culturas de forma antecipada, decidir o momento de plantar e realizar o manejo da irrigação com base nas condições atmosféricas.

© 2016 SBAgro. Todos os direitos reservados.

1. Introdução

O estado do Ceará possui em torno de 85% de seu território (MI, 2005), ou seja, mais de 126.500 km² sob clima semiárido, caracterizado por precipitações mal distribuídas espacial e temporalmente, com média anual em torno de 800 mm, evaporação superior a 2.000 mm e solos rasos com predomínio de embasamento cristalino. Embora o Ceará conte com um grande número de reservatórios que totalizam uma capacidade de acumulação de 18,2 bilhões de m³ (IPECE, 2014a), como os rios são intermitentes, o aporte de água depende essencialmente da qualidade da estação chuvosa, e, conseqüentemente, da variabilidade climática.

Ainda que o crescimento econômico tenha ajudado a reduzir a vulnerabilidade do Estado ao problema das secas, na medida em que se observa redução da participação no Produto Interno Bruto (PIB) de setores mais afetados pelas estações chuvosas como a agricultura, deve-se levar em conta a importância sócio econômica deste setor, visto que o cultivo em sequeiro é predominante, e além de prover

subsistência às famílias, responde por parcela expressiva da produção de grãos. Da mesma forma, tem se observado que as culturas irrigadas, apesar de menos dependentes em relação às precipitações, também tem tido sua produção comprometida pelas secas prolongadas, como verificado desde em 2012 (IPECE, 2014b). Esse impacto negativo advém do fato de que os açudes que abastecem os perímetros irrigados não tem registrado aporte de água significativo ao longo destes anos e por conseqüência o volume de água liberado para irrigação tem sofrido restrições.

Diante das vulnerabilidades a que o Ceará está sujeito e na busca por alternativas para contrapor o clima preponderante, em 1972, foi criada a FUNCEME sob o nome de Fundação Cearense de Meteorologia e Chuvas Artificiais, tendo como objetivo o estudo da climatologia e das modificações artificiais do tempo através das técnicas de nucleação artificial de nuvens. Em 1987, quando teve sua designação alterada para Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, a FUNCEME passou a incorporar aos seus objetivos institucionais, além da meteorologia, os

estudos teóricos e aplicados relativos ao meio ambiente e aos recursos hídricos (ASSIS FILHO & CAMPOS, 2002). A Fundação, atualmente vinculada à Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará, ao longo de seus mais de quarenta anos de existência tem gerado conhecimentos e informações para o manejo racional e a gestão de risco no semiárido, que predomina em 72% da região Nordeste do Brasil (PEREIRA JÚNIOR, 2007).

Neste contexto, a FUNCEME, vem gerando informações para subsidiar a formulação do planejamento governamental na definição de políticas e diretrizes de gestão de recursos hídricos, na definição de políticas de desenvolvimento rural e agrário, na implementação de ações de combate à degradação ambiental, na organização de atividades da defesa civil e nos estudos de potencial de energias renováveis, questões essenciais de um programa de convivência com o semiárido no Estado do Ceará.

Assim, neste artigo são apresentados os principais sistemas de informação que apoiam o desenvolvimento no setor agrícola do Estado, com vistas a viabilizar uma atividade sustentável sob o aspecto ambiental, social e econômico.

1.1 Os sistemas de informações agrometeorológicas da FUNCEME

Além de contar com um corpo técnico especializado multidisciplinar das áreas de meteorologia, recursos ambientais, recursos hídricos e tecnologia da informação, a FUNCEME opera e mantém, no Ceará, uma estrutura de monitoramento hidrometeorológico das mais avançadas, que conta atualmente com uma rede de 550 pluviômetros convencionais, 30 pluviômetros automáticos, 84 plataformas automáticas de coleta de dados, 2 radares meteorológicos, 10 disdrômetros e um sistema de recepção de imagens de satélite meteorológico.

A estrutura computacional de armazenamento permite à Fundação manter um banco de dados desta rede de monitoramento, o que possibilita a disponibilização em tempo real das informações coletadas e o desenvolvimento de diversos produtos e serviços de forma rotineira, tais como, o Calendário de Chuvas, que dá acesso, de forma amigável, a informações sobre a precipitação observada e seus desvios, em escala diária, mensal e em outros períodos por município, por região pluviométrica e hidrográfica ou para o Estado.

O sistema de processamento de alto desempenho mantido pela FUNCEME permite rodar, operacionalmente, modelos numéricos de previsão de tempo e de clima, em escala regional e global. Os desenvolvimentos nesta temática tornaram a FUNCEME, pioneira na aplicação operacional de downscaling dinâmico para clima e mais recentemente, a primeira dentre os centros estaduais de Meteorologia do

País, a processar modelos climáticos em escala global.

As atividades da Instituição no tocante à previsão climática, essenciais para o Estado e para o Nordeste do Brasil, também se estabeleceram com a organização e realização desde 1999, dos Workshops Internacionais de Avaliação Climática para o Semiárido Nordestino. Estes workshops, normalmente realizados nos meses de janeiro, chegaram à sua décima sétima edição em 2015, e tem em sua programação principal discussões técnicas e científicas que levam à elaboração do prognóstico climático para a estação chuvosa do Ceará. Cabe ainda mencionar que desde 2012, sempre em busca de aprimorar o sistema de previsão, a FUNCEME desenvolveu e adotou metodologia objetiva para definição das probabilidades associadas aos prognósticos climáticos, em três categorias: acima, em torno ou abaixo da média.

Embora esses e outros produtos e serviços sejam utilizados para tomada de decisão pelos setores de recursos hídricos e agricultura, a FUNCEME tem desenvolvido sistemas especificamente voltados ao setor agrário, como serão apresentados em seguida.

1.1.1 SIMIC – Sistema de informações meteorológicas para agricultura

O SIMIC foi desenvolvido em parceria com a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), a partir de um projeto financiado pela FINEP, com o propósito de estimar o coeficiente de cultivo para as principais culturas do Estado do Ceará e avaliar a eficiência dos Projetos de Irrigação, e neste sentido, estabelecer um programa de conservação de água e energia na agricultura irrigada, utilizando sensores eletrônicos automáticos para coleta de dados de variáveis meteorológicas e modelos matemáticos. Como resultado final, foi criado um aplicativo de manejo de irrigação com acesso via internet, que disponibiliza os valores diários de ETo para que o usuário (agricultor, extensionista rural, técnico agrícola, etc.) possa calcular a evapotranspiração das culturas (ETc) e suas necessidades hídricas (NI).

No aplicativo, a evapotranspiração de referência foi calculada através da equação de Penman-Monteith/FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations (ALLEN et al., 1998) que utiliza dados de radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento coletados pela rede de plataformas automáticas de coleta de dados da FUNCEME, conforme a equação:

$$ETo = \frac{0,408\Delta(Rn - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (es - ea)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34u_2)} \quad (1)$$

onde:

ETo: evapotranspiração de referência em mm dia⁻¹;

Rn: radiação líquida na superfície da cultura, em MJ m²dia⁻¹;

G: fluxo de calor no solo em MJ m²dia⁻¹

T: temperatura média do ar a 2 metros de altura em °C

u₂: velocidade do vento a 2 metros de altura em m/s

e_s: pressão de vapor de saturação média, em kPa,

e_a: pressão de vapor real (atual), em kPa,

Δ: declividade da curva de pressão de vapor, em kPa/°C

γ: constante psicrométrica, em kPa/°C, é dada por:

A evapotranspiração da cultura é estimada através de um fator que depende exclusivamente do clima (ET_c) e de outro que depende da cultura (K_c):

$$ET_c = K_c * ETC \quad (2)$$

O ciclo da cultura é dividido em fases fenológicas e em cada fase são assumidos valores distintos de K_c:

Germinação;

Desenvolvimento vegetativo;

Florescimento;

Frutificação (enchimento de grãos);

Maturação (colheita).

Para o processamento dos dados do SIMIC foi criado um banco de dados para armazenamento dos dados meteorológicos, de coeficientes de cultivo, de solos e de produtividade agrícola.

O banco de dados meteorológicos armazena os dados coletados através das plataformas automática de coleta de dados instaladas no Estado.

Para compor o banco de dados dos coeficientes de cultivo (K_c) para o Ceará, além daqueles obtidos através dos experimentos realizados durante o projeto, foram efetuados levantamentos nas mais variadas publicações, tais como, teses, dissertações, relatórios de pesquisa, periódicos e anais de congresso. O levantamento permitiu a identificação e organização de coeficientes estimados para as seguintes culturas: abacaxi, acerola, algodão arbóreo, algodão herbáceo, amendoim, arroz, banana, caju, cajueiro anão precoce, cenoura, consórcio feijão-milho-algodão, feijão, goiaba, mamão, melancia, melão, milho, soja, tomate e uva.

O banco de dados de solos do Ceará foi desenvolvido para possibilitar o armazenamento e a recuperação do acervo de informações geradas ao longo dos anos, e que estão distribuídas em diversas entidades públicas e privadas. O banco foi criado para estruturar e sistematizar os dados pontuais dos levantamentos pedológicos do território cearense e incluiu informações sobre as características gerais da área, do levantamento realizado e aquelas referentes aos parâmetros físicos, químicos e morfológicos.

Também foi estabelecido um banco de dados para

armazenamento de informações sobre a produtividade agrícola em função das lâminas de irrigação aplicadas nas principais culturas do Estado. Este banco é fruto de levantamento feito junto a diversas instituições do Estado do Ceará, em teses, dissertações, relatórios de pesquisa, periódicos e anais de congresso e contemplou as seguintes culturas: algodão herbáceo, amendoim, cebola, feijão caupi, feijão-de-corda, melancia, milho, soja, sorgo granífero e tomate.

O SIMIC realiza o manejo de irrigação pelo método da reposição diária da evapotranspiração, onde assume-se que o irrigante aplica um montante de água no solo, no dia do plantio, suficiente para o que o solo chegue à capacidade de campo e que nos dias seguintes os valores das lâminas aplicadas sejam iguais aos totais evaporados diariamente, levando em consideração as perdas do sistema de irrigação. Assim sendo, a lâmina irrigada ou necessidade de irrigação (NI) diária é estimada da seguinte forma:

$$NI = \frac{ET_c - Pr}{\epsilon_f} \quad (3)$$

onde: ET_c é a evapotranspiração da cultura, Pr é a precipitação diária registrada pela plataforma de coleta de dados (PCD) e ε_f é a eficiência do sistema de irrigação.

Obviamente, se o valor da precipitação for maior que a evapotranspiração da cultura (ET_c) a necessidade de irrigação é igual a zero. O software utiliza também dados do sistema de irrigação para transformar os valores de lâmina irrigada, fornecidos em milímetros, para valores de tempo de irrigação, em horas e minutos.

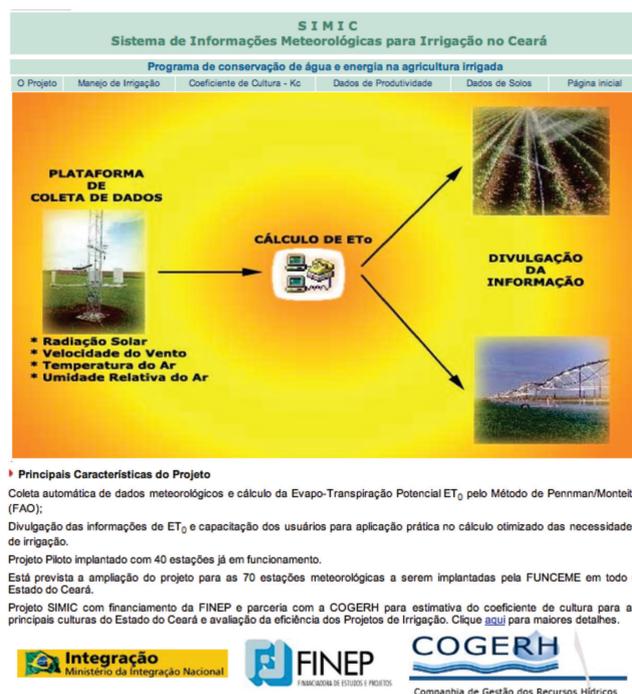


Figura 1. Interface do SIMIC

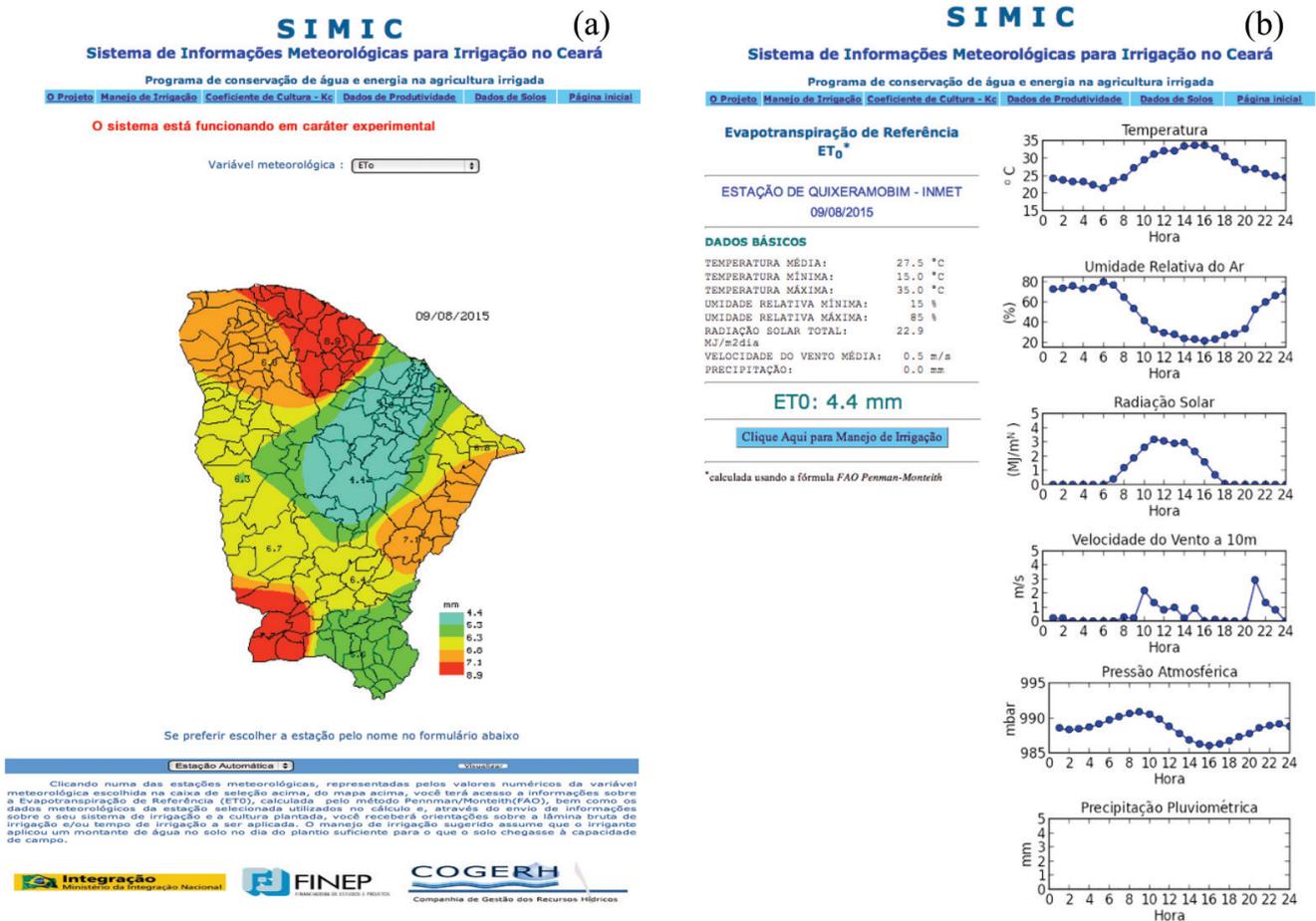


Figura 2. (a) Interface de Manejo da Irrigação do SIMIC; (b) Interface com dados coletados e ET0 calculado na estação meteorológica selecionada.

O SIMIC pode ser acessado através da página da FUNCEME, na área de aplicativos em agricultura (<http://www.funceme.br/index.php/areas/30-aplicativos/agricultura/427-simic>). A Figura 1 mostra a interface do SIMIC.

Na interface de Manejo de Irrigação (Figura 2a), o usuário seleciona a estação meteorológica mais próxima de sua área, através da caixa “Estação Automática”, e em seguida ao clicar em “Visualizar”, os dados coletados e a ET0 calculada são apresentados (Figura 2b).

A Figura 3a mostra a página inicial do sistema de manejo de irrigação, onde o usuário deve informar dados sobre a data de plantio, a cultura e a duração do ciclo, neste caso, ele poderá optar pela duração sugerida pela FAO. O usuário deverá também escolher o sistema de irrigação utilizado e a eficiência do mesmo.

Os sistemas de irrigação atualmente disponíveis para escolha do usuário são os seguintes: Aspersão Convencional Fixa, Micro-Aspersão, Gotejamento, Pivô Central e Sulcos. O usuário também poderá optar por valores padrões de eficiência de sistemas de irrigação marcando a opção “Usar Padrão”.

Depois de informados os dados sobre o sistema de irrigação, o usuário deverá clicar na caixa “Calcula” (Figura 3b) quando uma nova página será apresentada onde estarão disponíveis as orientações sobre a lâmina de irrigação a ser aplicada (mm), tempo de irrigação a ser aplicado, no caso dos sistemas de aspersão convencional, micro-aspersão, gotejamento e sulcos e número de voltas do pivô, no caso de pivô central, bem como um resumo das informações fornecidas e o valor atual do coeficiente de cultivo (Figura 3c).

1.1.2 MUSAG – Modelo de umidade de solo para atividades agrícolas

O MUSAG foi desenvolvido pela FUNCEME, em 1992, para subsidiar o Secretaria de Agricultura do Estado do Ceará, quanto à definição da data de distribuição de sementes selecionadas aos pequenos agricultores pelo programa Hora de Plantar que foi implantado pelo Governo do Estado em 1989 (MOLINAS e ANDRADE (1992) e (1993)).

Assim, a partir dos dados do MUSAG foram disponibilizadas informações sobre a umidade do solo em tempo quase-real em todos os municípios cearenses, a partir dos

SIMIC (a)

Sistema de Informações Meteorológicas para Irrigação no Ceará

Programa de conservação de água e energia na agricultura irrigada

O Projeto | Manejo de Irrigação | Coeficiente de Cultura - Kc | Dados de Produtividade | Dados de Solos | Página Inicial

Manejo de Irrigação

ESTAÇÃO DE ESTAÇÃO DE QUIXERAMOBIM - INMET

DADOS BÁSICOS:

SELECIONE A DATA DE PLANTIO: Dia: Mês:

SELECIONE A CULTURA: **DURAÇÃO DO CICLO:** Usar duração FAO

SELECIONE O SISTEMA DE IRRIGAÇÃO: **EFICIÊNCIA** % Usar Padrão

SIMIC (c)

Sistema de Informações Meteorológicas para Irrigação no Ceará

Programa de conservação de água e energia na agricultura irrigada

O Projeto | Manejo de Irrigação | Coeficiente de Cultura - Kc | Dados de Produtividade | Dados de Solos | Página Inicial

Manejo de Irrigação

ESTAÇÃO DE ESTAÇÃO DE QUIXERAMOBIM - INMET

Dados de Entrada:

Cultura = Feijão Verde
 Duração = 75 dias
 Sistema = Aspersão Convencional Fixa
 Eficiência real = 75%
 Et0 = 4.4 mm
 Chuva = 0.00mm
 Precipitação do Aspersor = 10 mm/h
 Data de Hoje = 9/08
 Data do Plantio = 15/07
 Dia da cultura = 26

Resultados:

Kc atual = 0.733
 ETc = 3.22mm
 Necessidade de Irrigação (mm) = 4.29mm

Tempo de Irrigação = 0h 26min

SIMIC (b)

Sistema de Informações Meteorológicas para Irrigação no Ceará

Programa de conservação de água e energia na agricultura irrigada

O Projeto | Manejo de Irrigação | Coeficiente de Cultura - Kc | Dados de Produtividade | Dados de Solos | Página Inicial

Manejo de Irrigação

ESTAÇÃO DE ESTAÇÃO DE QUIXERAMOBIM - INMET

ASPERSÃO CONVENCIONAL: PRECIPITAÇÃO DO ASPERSOR: mm/h

Figura 3. Página do manejo de irrigação: (a) informações da cultura e sistema de irrigação; (b) inserção de informação sobre o sistema de irrigação; (c) resultados dos cálculos.

dados coletados através da rede de pluviômetros convencionais da FUNCEME. Com esta informação pode-se inferir quais os municípios que estão com as melhores condições para o plantio, ao longo da estação chuvosa, dentro de uma certa probabilidade de novos eventos chuvosos a posteriori.

O esquema de modelagem de umidade do solo utilizado no MUSAG segue metodologia semelhante àquela adotada no modelo IPH-II (TUCCI, 1979), onde se considera que as quantidades de água infiltradas e escoadas decorrem de processos de subtração da precipitação. As equações utilizadas são apresentadas a seguir.

$$US_f = US_i + V_i + V_p - V_{evt} \quad (4)$$

$$V_{evt} = P_r - V_i \quad (5)$$

onde:

US_f e US_i são a umidade do solo no final e no início do período (dia);

V_i é o volume infiltrado;

V_p é o volume percolado;

V_{evt} é o volume evapotranspirado;

V_{esc} é o volume escoado; e

P_r é a precipitação observada durante o dia em estudo.

Todas as variáveis são consideradas em (mm).

Os parâmetros dos diversos tipos de solos associados à área de influência de cada posto pluviométrico utilizados no modelo foram obtidos através de pesquisas realizadas

com base em dados de perfis de solo e nos trabalhos da SUDENE (1973). Os dados de infiltração foram obtidos com base na equação de Holtan, descrita em USACE (1992). Com base no Mapa Geológico do Estado do Ceará (MME, 1983), foram identificados cada tipo de subsolo e associados aos mesmos um valor da capacidade máxima de percolação profunda. Os dados de evapotranspiração de referência utilizados no modelo são obtidos através de uma função linear de um só parâmetro em relação aos dados de evaporação de tanques Classe A. Maiores detalhes podem ser obtidos em Molinas e Andrade (1992) e (1993)

O MUSAG pode ser acessado na página eletrônica da FUNCEME através da área de monitoramento hidrológico (<http://www.funceme.br/index.php/areas/26-monitoramento/hidrológico-recursos-h%C3%ADdricos/413-umidade-do-solo>).

A Figura 4 traz a página do MUSAG, com as opções de mapas de umidade do solo e dias para déficit hídrico. Além do mapa, o usuário pode acessar o relatório de dados por município e pode ainda gerar gráficos com a evolução da umidade do solo ao longo do ano (Figura 5).

1.1.3 Probabilidade de lucros em plantios

Neste sistema, os índices de produtividade agrícola são calculados baseados em dados diários históricos de precipitação de 1974 a 2004 do banco de dados de pluviometria da FUNCEME, dados médios de evapotranspiração potencial e dados sobre os diversos tipos de solo em cada um dos 135 municípios cearenses estudados. As probabilidades de lucro apresentadas consideram apenas a história passada dos índices de produtividade agrícola não sendo incorpo-

MUSAG - Modelo de Umidade do Solo para Atividades aGrícolas

Escolha o mapa :

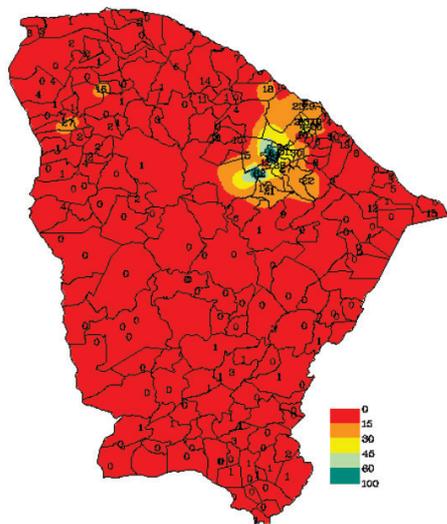
(a)

Umidade do Solo (%)

Umidade do solo percentual referente à capacidade máxima de retenção de água no solo em cada posto pluviométrico. (Estimada pelo modelo MUSAG)

Clique nos números indicadores de umidade do solo nas estações pluviométricas do mapa abaixo para ver o gráfico de umidade do corrente ano na estação selecionada. O gráfico será mostrado em uma nova janela, você talvez precise autorizar o gerenciador de pop-ups de seu navegador para vê-lo.

Para a tabela dos valores de umidade do solo clique [aqui](#) e para a tabela dos valores de dias para o déficit hídrico clique [aqui](#).



MUSAG - Modelo de Umidade do Solo para Atividades aGrícolas

Escolha o mapa :

(b)

Número de dias até o déficit hídrico

Previsão do número de dias até que as culturas plantadas na presente data entrem em estado de déficit hídrico no caso de interrupção de chuvas. (Estimada pelo modelo MUSAG)

Clique nos números indicadores do número de dias para o déficit hídrico das estações pluviométricas do mapa abaixo para ver o gráfico de umidade do solo do corrente ano na estação selecionada. O gráfico será mostrado em uma nova janela, você talvez precise autorizar o gerenciador de pop-ups de seu navegador para vê-lo.

Para a tabela dos valores de umidade do solo clique [aqui](#) e para a tabela dos valores de dias para o déficit hídrico clique [aqui](#).

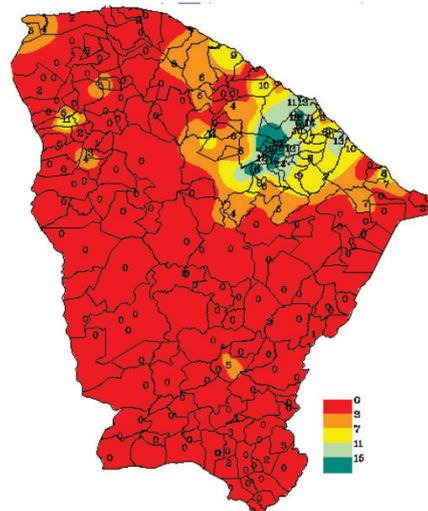


Figura 4. Página de interface do MUSAG. (a) Mapa de umidade do solo; (b) Mapa com os dias para déficit hídrico.

Independência - INDEPENDENCIA

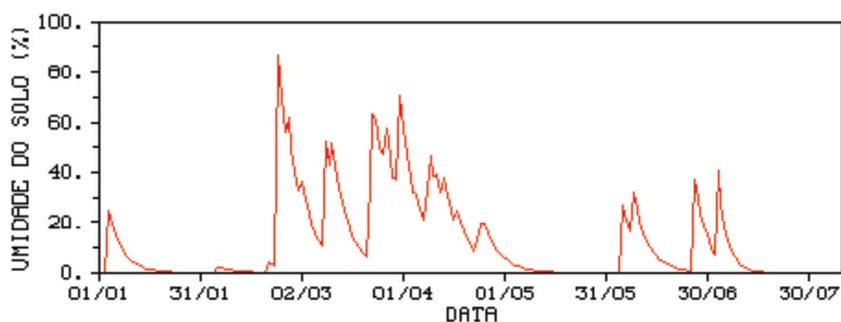


Figura 5. Gráfico de umidade do solo (%) do município de Independência, no ano de 2015.

rado nenhum tipo de informação de previsão climática.

Esses índices de produtividade foram aqueles obtidos por Andrade (2005), que utilizou a metodologia da FAO descritas por Doorenbos et al. (1979) onde as perdas na produtividade agrícola são estimadas em função dos déficits de evapotranspiração. Esta por sua vez, é estimada através de metodologia apresentada por Allen et al. (1998), onde se utiliza um balanço hídrico diário que considera, além de dados dos solos, dados de precipitação e médias mensais de evapotranspiração de referência, estimados com o uso da equação de Penman-Monteith/FAO.

Ainda é preciso considerar que a produtividade agrícola varia com o nível tecnológico de cada plantio que tem custos e rendimentos máximos específicos. Portanto, a produtividade agrícola requerida para que um plantio gere uma determinada margem de lucro depende não só do local do plantio mas também do nível tecnológico do produtor. E é com esta ótica que o sistema estima a probabilidade de lucro em plantios de feijão e milho associados aos índices de produtividade agrícola calculados.

O sistema de cálculo de probabilidade de lucros em plantios pode ser acessado através da página da FUNCEME,

Probabilidade de Lucros em Plantios

Selecione o município:

Escolha a cultura:

Probabilidades de lucro de: % ou Gráfico 3-D

Entre com os dados de seu plantio:

Custos Fixos:	500	R\$/ha
Custos Variáveis:	1	R\$/kg
Preço ao Produtor:	3	R\$/kg
Produtividade Máxima:	400	kg/ha

OBS1. Todos os campos acima devem ser preenchidos.

OBS2. Use ponto com separador decimal.

Figura 6. Interface do aplicativo do sistema de cálculo de Probabilidade de Lucros em Plantios.

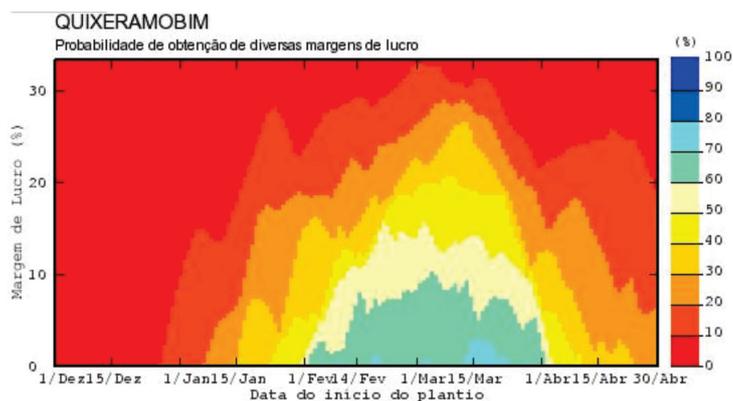


Figura 7. Gráfico da probabilidade de obtenção de cada margem de lucro possível, para cada dia de início de plantio de feijão entre 01 de dezembro a 30 de abril, no município de Quixeramobim.

na área de aplicativos em agricultura (<http://www.funceme.br/index.php/areas/30-aplicativos/agricultura/426-probabilidade-de-lucros>). A Figura 6 mostra a interface do aplicativo, onde o usuário deve selecionar o município, a cultura (feijão com ciclo de 75 dias ou milho com ciclo de 100 dias). Se optar por um estudo probabilístico de todas as possíveis margens de lucro que seu plantio pode fornecer deve selecionar o “Gráfico 3-D”. No exemplo apresentado na Figura 7, as cores representam a probabilidade de obtenção de cada margem de lucro possível, para cada dia de início de plantio de feijão entre 01 de dezembro a 30 de abril, no município de Quixeramobim.

1.1.4 Potencial pedoclimático da mesorregião do sul cearense para culturas agrícolas

O potencial pedoclimático de ambientes para culturas agrícolas depende das condições dos solos, da relação solo-paisagem, do quantitativo e da distribuição espacial e temporal dos elementos meteorológicos que determinam o clima e das exigências das culturas, em especial das suas necessidades térmicas e hídricas. O sistema de Potencial Pedoclimático foi desenvolvido a partir de um convênio entre a FUNCEME e Embrapa Solos (FUNCEME e Embrapa Solos, 2013), com apoio técnico e financeiro do Banco do Nordeste do Brasil e do Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura – IICA (Projeto de Cooperação Técnica BRA/IICA/03/008) e foi voltado para a Mesorregião do Sul Cearense para as culturas do algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.), feijão caupi (*Vigna unguiculata* L.), feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), mamona (*Ricinus communis* L.), mandioca (*Manihot esculenta* Crantz.) e milho (*Zea mays* L.).

Os mapas de potencial pedoclimático foram obtidos por meio do cruzamento dos planos de informação do potencial pedológico das unidades de mapeamento do Levan-

tamento de Reconhecimento de Baixa e Média Intensidade de Solos da Mesorregião do Sul Cearense, escala 1:100.000 (FUNCEME, 2012), com aqueles da aptidão climática por cultura. Os procedimentos operacionais foram realizados através do Sistema de Informações Geográficas ArcGis (ESRI, 2012). De modo geral, os princípios adotados foram os mesmos do Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco (SILVA et al., 2001).

Os mapas foram elaborados considerando a possibilidade de o agricultor adotar dois sistemas de manejo ou níveis tecnológicos para o manejo do solo e da cultura (manejo B – média tecnologia; e manejo C – alta tecnologia), os quais refletem a maior ou menor condição técnica e socioeconômica do agricultor para a utilização das terras (RAMALHO FILHO e BEEK, 1995). No que se refere ao clima, foram considerados três cenários pluviométricos: anos chuvosos; anos regulares e anos secos, conforme proposto por Varejão Silva (2001), Varejão Silva e Barros (2002).

O aplicativo para disponibilização dessas informações está em fase de conclusão e deverá estar disponível em breve na página da FUNCEME (www.funceme.br). A Figura 8 traz os mapas do potencial pedoclimático para a cultura do feijão caupi nos dois sistemas de manejo (B e C) e três cenários pluviométricos (chuvoso, regular e seco).

2. Considerações finais

Os Sistemas de Informação Agrometeorológica desenvolvidos pela FUNCEME abrangem a agricultura de sequeiro e a agricultura irrigada. A primeira, reconhecidamente de baixa produtividade e com baixo uso de tecnologia, tem à sua disposição produtos e serviços que permitem identificar áreas com potencial de plantio em função da qualidade da estação chuvosa (potencial pedoclimático), estimar o rendimento das culturas de forma antecipada

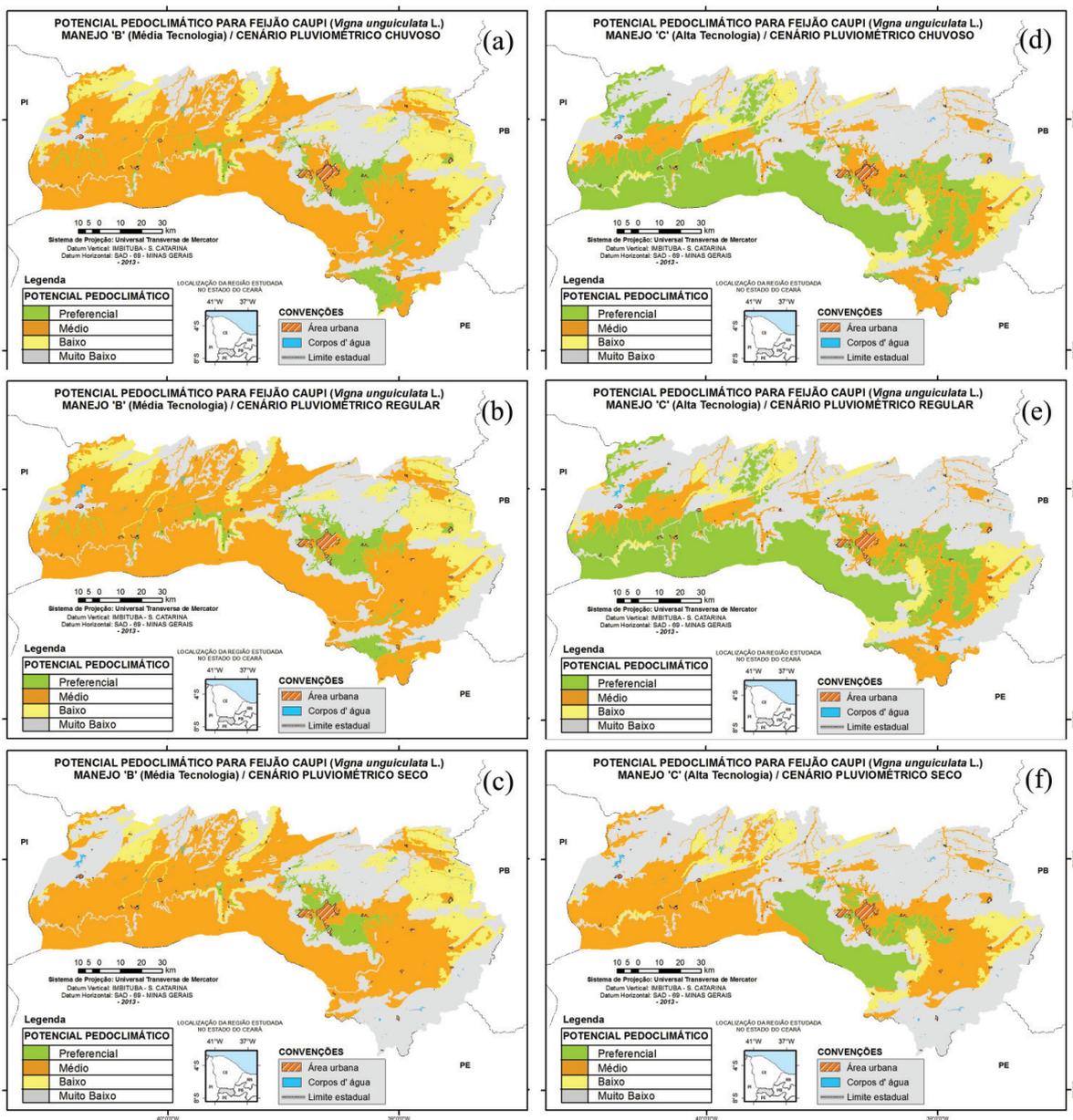


Figura 8. Potencial pedoclimático para a cultura do Feijão Caupi: (a) Manejo B, cenário pluviométrico chuvoso; (b) Manejo B, cenário pluviométrico regular; (c) Manejo B, cenário pluviométrico seco; (d) Manejo C, cenário pluviométrico chuvoso; (e) Manejo C, cenário pluviométrico regular e (f) Manejo C, cenário pluviométrico seco.

(probabilidade de lucro de plantios), essencial para alocação de recursos para o seguro safra e também para suporte à tomada de decisão, por exemplo, quanto ao momento de plantar (MUSAG).

As soluções tecnológicas desenvolvidas para a agricultura irrigada relacionam-se ao manejo da irrigação com base nas condições atmosféricas e ao manejo automático de projetos de irrigação. Lançado a 12 anos, o SIMIC - Sistema de Informações Meteorológicas para Irrigação no Ceará que visa à conservação de água e energia na agricultura irrigada deverá ser disponibilizada em breve através de aplicativos para dispositivos móveis o que certamente facilitará seu uso pelo setor. Este programa tem tomado uma

grande dimensão dentro das ações do Governo do Estado do Ceará que tem investido no desenvolvimento de políticas para melhorar a gestão dos recursos hídricos, que é um dos objetos centrais de convivência com a seca.

Entretanto, faz-se necessário a implementação de um plano de comunicação adequado para que essas informações sejam apropriadas pelos setores usuários específicos e efetivamente utilizadas no processo de tomada de decisão.

Referências

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop Evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements)**. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. FAO, Roma, Itália, 1998.
- ANDRADE, F. C. M. índices de Produtividade Agrícola para o Estado do Ceará. in: **XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, João Pessoa, Novembro de 2005. CD-ROM.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H.; BENTVELSEN, C. L. M.; BRANSCHIED, V.; PLUSJÉ, J. M. G. A.; SMITH, M.; UITTENBOGAARD, G. O.; VAN DER WAL, H. K. (1979). **Yield Response to Water**. FAO Irrigation and Drainage Paper 33. FAO, Roma, Itália.
- ESRI, How Union works. In: **ArcGIS Resource Center**. Redlands: ESRI, 2012 Disponível em: http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/How_Union_works/000800000010000000/ Acesso em: 28 Ago 2012.
- FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Levantamento de Reconhecimento de Média Intensidade dos Solos da Mesorregião do Sul Cearense**. Fortaleza, Ceará, 2012. Livro, 280p. e Mapas, 98p.
- FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME e Embrapa Solos - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Solos, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Zoneamento Agroecológico da Mesorregião do Sul Cearense - Potencial Pedoclimático da Mesorregião do Sul Cearense para Culturas Agrícolas**. Fortaleza-Ceará, 2013. Relatório e Mapas, 99p.
- IPECE. **Economia do Ceará em Debate 2013**. V-1 - 2013. Fortaleza: IPECE, 2014(a). 416 p.
- IPECE. **Indicadores Econômicos do Ceará 2012**. Fortaleza, Ceará, IPECE, 2014. 97 p.
- MME - Ministério das Minas e Energias (Brasil). **Mapa Geológico do Estado do Ceará**, Departamento Nacional de Pesquisa Mineral, 1983.
- MI - Ministério da Integração Nacional (Brasil), Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional. **Portaria Nº89** de 16/03/2005. Nova Delimitação do Semiárido Brasileiro. Brasília, 2005.
- MOLINAS, P.A.; ANDRADE, F.C.M. Um Modelo de Umidade do Solo como Ferramenta para Avaliação e Previsão de Atividades Agrícolas, In: **I Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste**, 1992. Anais..., Vol. 2, pp 307-316, Recife: ABRH, 1992.
- MOLINAS, P.A.; ANDRADE, F.C.M. Modelo de Umidade do Solo para Atividades Agrícolas (MUSAG), In: **X Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos e I Simpósio de Recursos Hídricos do Cone Sul**, 1993. **Anais...** Vol. 3, p. 136-145, Gramado: ABRH, 1993.
- PEREIRA JÚNIOR, J.S. **Nova Delimitação do Semiárido Brasileiro**. Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados. 2007. 24 p.
- RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras** (3.ed.). Rio de Janeiro, EMBRAPA-CNPS, 1995. 65p.
- SILVA, F. B. R.; SANTOS, J. C. P.; SILVA, A. B.; CAVALCANTI, A. C.; SILVA, F. H. B. B.; BURGOS, N.; PARAHYBA, R. B. V.; OLIVEIRA NETO, M. B.; SOUSA NETO, N. C.; ARAÚJO FILHO, J. C.; LOPES, O. F.; LUZ, L. R. P. P.; LEITE, A. P.; SOUZA, L. G. M. C.; SILVA, C. P.; VAREJÃO SILVA, M. A.; BARROS, A. H. C. **Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco**: Recife: Embrapa Solos - Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento - UEP Recife, 2001. (Embrapa Solos. Documentos, 35). 1 CD ROM.
- SOUZA FILHO, F.A.; CAMPOS, J.N.B. **FUNCEME 30 Anos**: clima, solo, água. 30 anos de informação para você. Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia, vol. 26, No. 1, março de 2002.
- SUDENE - Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (Brasil). **Levantamento Exploratório - Reconhecimento de Solos do Estado do Ceará**, Vols. I e II. Recife: Divisão de Pesquisa Pedológica - DNPEA - Ministério da Agricultura e Divisão de Agrologia - DRN - SUDENE - Ministério do Interior, 1973.
- TUCCI, C.E.M. Análise de Sensibilidade dos Parâmetros do Algoritmo de Infiltração, In: **III Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 1979. **Anais...** Brasília: ABRH, 1979.
- USACE - United States Army Corps of Engineers (EUA). HEC-1 - Flood Hydrograph Package - **User's manual**, Davis: Hydrological Engineering Center- HEC, 1990.
- VAREJÃO SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia**. Brasília: INMET, 2001. 515p.
- VAREJÃO SILVA, M.A.; BARROS, A.H.C. **Zoneamento de aptidão climática do Estado de Pernambuco para três distintos cenários pluviométricos**. Recife: Governo do Estado de Pernambuco. Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária, Recife, PE, 2002, 51p.

REFERENCIAÇÃO

SAKAMOTO, M. S.; ANDRADE, F. C. M.; MARTINS, E. S. P. R.; CARVALHO, M. S. B. S. Sistemas de informações agrometeorológicas da FUNCEME. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v.24, n.1, p.97-106, 2016.

FUNCEME agrometeorological information system

Meiry Sayuri Sakamoto^{(1)(*)}, Fernando César Moura de Andrade⁽¹⁾, Eduardo Sávio Passos Rodrigues Martins⁽¹⁾,
Margareth Sílvia Benício de Souza Carvalho⁽¹⁾

⁽¹⁾FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, Av. Rui Barbosa, 1246 – Aldeota, Fortaleza, CE, Brazil.

^(*)Corresponding author: meiry@funceme.br

ARTICLE INFO

Article history:

Received 21 July 2015

Accepted 17 August 2015

Index terms:

rainfall,
agriculture,
irrigation,
hydric resources management,
decision support system.

ABSTRACT

Agriculture is one of the sectors most affected by the variability and irregularity of rainfall, typical of semi-arid climate that prevails in the State of Ceará. Although it is less dependent than rainfed agriculture, irrigated crops also suffer the impacts, especially in prolonged dry periods characterized by low inflow to the main reservoirs of the state. In this paper we present the main Agrometeorological Information Systems developed by FUNCEME to support decision-making for sustainable management in the agricultural sector. These technological solutions, available over the internet, enable to identify pedo-climatic potential areas for different crops, to estimate crop yields in advance, and to provide support to decisions regarding when to plant in a rainfed agriculture context, or how much to irrigate based on weather conditions.

© 2016 SB Agro. All rights reserved.

CITATION

SAKAMOTO, M. S.; ANDRADE, F. C. M.; MARTINS, E. S. P. R.; CARVALHO, M. S. B. S. Sistemas de informações agrometeorológicas da FUNCEME. *Agrometeoros*, Passo Fundo, v.24, n.1, p.97-106, 2016.