

# I Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação

12 a 14 de setembro de 2017- Naviraí-MS



## ÁREAS DE MENOR RISCO CLIMÁTICO PARA O PLANTIO DA CANA-DE- AÇÚCAR NO MATO GROSSO DO SUL E NO BRASIL

Lucas Eduardo de Oliveira Aparecido  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul (IFMS)  
[lucas.aparecido@ifms.edu.br](mailto:lucas.aparecido@ifms.edu.br)

Cicero Teixeira Silva Costa  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul (IFMS)  
[cicero.costa@ifms.edu.br](mailto:cicero.costa@ifms.edu.br)

Daniel Zimmermann Mesquita  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul (IFMS)  
[daniel.mesquita@ifms.edu.br](mailto:daniel.mesquita@ifms.edu.br)

**Eixo Temático:** Desenvolvimento local/regional

### RESUMO

A demanda dos produtos derivados do cultivo da cana-de-açúcar vem crescendo a cada dia e uma maneira de aumentar a produção do cultivo é a expansão de novas áreas. Diante do exposto, o presente trabalho teve por objetivo estabelecer as áreas que apresentam o menor risco climático para realizar a expansão da produção de cana-de-açúcar no Mato Grosso do Sul e no Brasil. O estudo foi realizado no Brasil e foram utilizados dados de temperatura do ar e precipitação pluviométrica mensal de 4947 estações agrometeorológicas do Brasil, do período de 1950 a 2016. Utilizando as variáveis climáticas foram definidas as áreas aptas, restritas e inaptas ao cultivo canavieiro para o estado do Mato Grosso do Sul e também em âmbito nacional. O Brasil apresenta 31% das suas áreas agrícolas aptas ao cultivo de cana-de-açúcar e apenas 13% inaptas. O estado do Mato Grosso do Sul apresenta grande parte das suas áreas aptas climaticamente para o plantio canavieiro. Algumas áreas do estado apresentaram tendências de alto índice de doenças, questão essa que pode ser sanada com a utilização de produtos agroquímicos e manejo adequado da cultura.

**Palavras-chave:** Expansão de área; Clima; Zoneamento; Modelagem.

## 1 INTRODUÇÃO

A demanda dos produtos derivados do cultivo da cana-de-açúcar vem crescendo a cada ano, o que tem impulsionado a realização de pesquisas que visam o entendimento da relação dos fatores físicos e climáticos do ambiente de cultivo com o crescimento e o desenvolvimento das plantas, buscando a otimização dos recursos ambientais disponíveis (BATISTA, 2012).

Um dos recursos que a planta mais necessita para o seu desenvolvimento é a água, sendo um dos mais limitantes fatores para a produtividade agrícola. Algumas espécies vegetais chegam a apresentar em sua constituição cerca de 98% de água. Em geral, para cada 1 grama de matéria orgânica produzida, é necessário a absorção de 500 gramas de água pela raiz. A maior parte da água (aproximadamente 97%) absorvida pelas raízes é transportada pela planta e evaporada das superfícies foliares no processo de transpiração (TAIZ & ZEIGER, 2009). Outros 2% são utilizados para suprir o crescimento do vegetal e 1% é destinado à fotossíntese e outros processos metabólicos. Portanto, ainda de acordo com Taiz e Zeiger (2009), de todos os recursos que as plantas necessitam para crescer e funcionar, a água é o mais abundante e, ao mesmo tempo, com frequência, o mais limitante. Portanto, estudar as áreas com restrições de chuva para o cultivo de cana de açúcar é de grande importância para cultura expressar seu potencial máximo de produção.

O estado do Mato Grosso do Sul caracteriza-se por apresentar propriedades rurais com grandes extensões de terra e por ter uma economia baseada principalmente na pecuária e na agricultura. É possível perceber que há uma predominância de pastagens degradadas em grande parte do território rural no estado. Dessa forma, o cultivo da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) torna-se uma alternativa de cultivo e incremento de renda para os proprietários rurais.

Diante do exposto, o presente trabalho teve por objetivo identificar as áreas que apresentam o menor risco climático para realizar a expansão da produção de cana-de-açúcar no Mato Grosso do Sul e no Brasil.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Com uma produção estimada para a safra 2017/18 em 647,6 milhões de toneladas (CONAB, 2017), com mais de sete milhões de hectares plantados, o Brasil destaca-se como o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, ocupando liderança mundial em tecnologia de

produção de etanol (EMBRAPA, 2017).

A cultura no Brasil é uma importante fonte de matéria-prima para a produção de etanol e de eletricidade, perfazendo 18,1% do total de energia primária produzida no país, reduzindo o consumo de combustível fóssil e compensação de carbono (PACA; MOREIRA, 2009; RUDORFF et al., 2010; WANG et al., 2014; EPE, 2015), tornando-se uma cultura de grande interesse para as nações, além da extrema importância do açúcar como commodity para o País (FAO, 2008).

A maior parte da cana-de-açúcar no Brasil é cultivada em regime de sequeiro. E por isso pode haver déficit hídrico em determinados estádios de desenvolvimento da cultura ao longo do ciclo (LYRA et al., 2012). Isso ocorre devido à má distribuição da precipitação pluvial nas regiões produtoras.

No estado do Mato Grosso do Sul, segundo o último censo agropecuário realizado pelo IBGE (2006), de um total de 64.864 propriedades agrícolas, 49.523 propriedades tinham como sua atividade principal a pecuária e a criação de outros animais, enquanto 11.812 propriedades se dedicavam à produção de lavouras temporárias. Destes, apenas 2.081 estabelecimentos se dedicam ao cultivo de cana-de-açúcar com uma área colhida de 155.392 hectares e uma produção de 11.253.497 toneladas, atingindo uma produtividade de aproximadamente 72 toneladas/ha.

A disponibilidade hídrica afeta negativamente o crescimento dos cultivos agrícolas, sendo a principal causa da redução da produtividade das culturas (PIMENTEL, 2004; FLEXAS et al., 2006), e de acordo com o estágio de desenvolvimento, o déficit hídrico tem maior ou menor impacto no rendimento agrônômico das plantas (RAMESH, 2000; PIMENTEL, 2004; INMAN-BAMBER; SMITH, 2005).

Uma forma de diminuir o efeito do clima na produção agrícola é por meio do zoneamento agroclimático, que vem sendo fundamental para organização dos programas de trabalho e suporte do planejamento da agricultura (ALMEIDA et al., 2010), que é baseado nos fatores que definem as aptidões agrícolas, as quais diferem de região para região.

O conhecimento das condições climáticas de uma região é de extrema importância, pois uma vez conhecidas às regiões climaticamente homogêneas, é possível estabelecer os indicadores do meio físico e biológico compatíveis com a exploração de determinadas culturas agrícolas (NUNES et al., 2007).

A cana-de-açúcar apresenta uma necessidade hídrica média de 2,5 mm dia<sup>-1</sup>, tendo como exigência mínima de 0,5 mm dia<sup>-1</sup> e máxima de 6,0 mm dia<sup>-1</sup> (Agricultura dos cultivos, 2007). A necessidade hídrica fica em torno de 1.780 mm/ciclo (TEODORO et al., 2009), desta

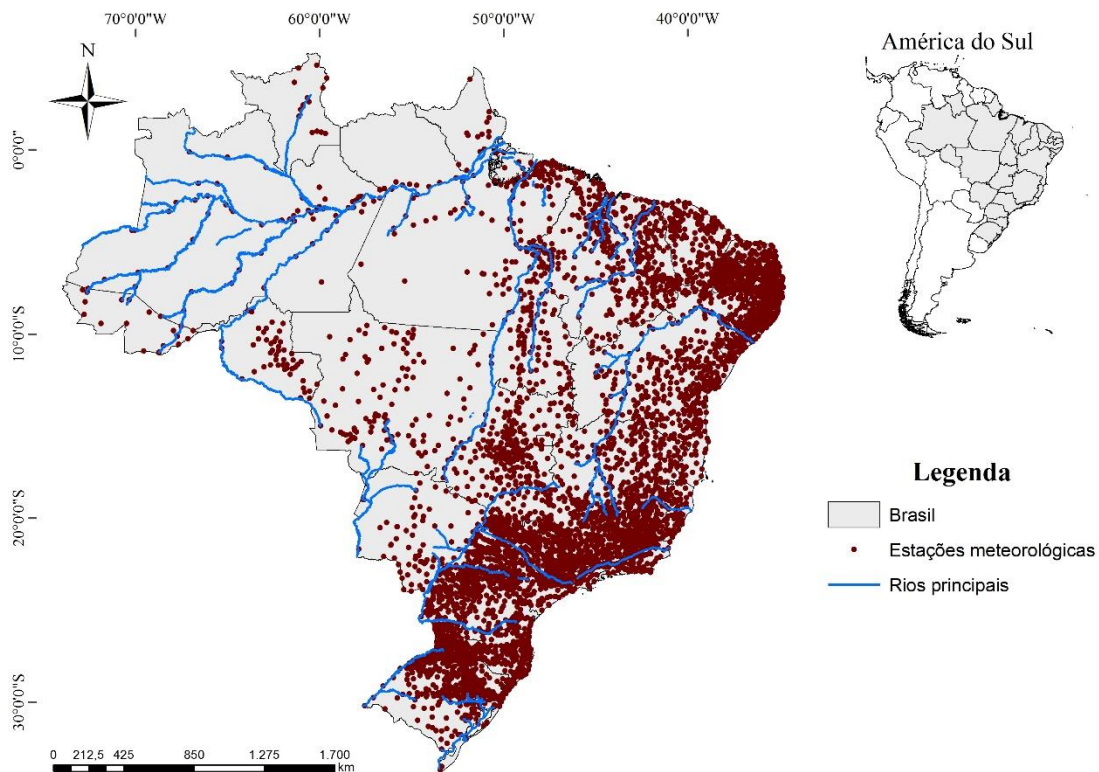
forma, um déficit hídrico anual de 400 mm, corresponde ao limite acima do qual torna-se imprescindível a irrigação. Por outro lado, o excesso hídrico de 800 mm anuais pode limitar o desenvolvimento da planta durante a fase vegetativa. Neste sentido, uma precipitação total de 1.100 e 1.500 mm bem distribuídos é adequada durante o período de crescimento vegetativo e amadurecimento da cana-de-açúcar.

Além da precipitação pluvial, a temperatura do ar ótima para o desenvolvimento da cana-de-açúcar varia em torno de 28 °C a 38 °C (BACCHI, 1985). Temperaturas abaixo de 20 °C e acima de 35 °C condicionam menores taxas de crescimento devido ao estresse térmico (Agricultura dos cultivos, 2007). Assim sendo, quando a cana-de-açúcar é submetida a temperaturas inferiores a 16 °C e superiores a 38 °C, o crescimento torna-se praticamente nulo (BARBIERI; VILLA NOVA, 1977; DOOREMBOS; KASSAN, 1979; MAGALHÃES, 1987; BARBIERI et al., 1979).

### **3 METODOLOGIA**

O estudo foi realizado no Brasil localizado entre os paralelos 5°16'20" e 33°45'03" S e meridianos 34°47'30" e 73°59'32" W na América do Sul, com uma extensão de 8.516.000 quilômetros quadrados. Foram utilizados dados de temperatura do ar e precipitação pluviométrica mensal de 4947 estações agrometeorológicas do Brasil, do período de 1950 a 2016. Esta série temporal climática foi registrada pelo Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil (Figura 1).

**Figura 1: Localização das estações meteorológicas usadas no zoneamento agroclimático da cana-de-açúcar no Brasil**



As variáveis climáticas utilizadas para definir as áreas aptas ao cultivo da cana-de-açúcar foram a temperatura média do ar média anual (°C), a precipitação pluviométrica total anual (mm) e a eficiência climática ( $\eta$ ), estimada pelo modelo abaixo:

$$\eta = \frac{PA}{PP} \quad [1]$$

sendo:  $\eta$  = eficiência climática; Pa = Produtividade Atingível e PP é a Produtividade Potencial.

A produtividade potencial (PP) foi estabelecida pelo método da Zona Agroecológica (DOORENBOS; KASSAM, 1994), essa metodologia pressupõe que a produtividade seja estabelecida pelas características da cultura (espécie, cultivar e população de plantas) e fatores climáticos (Temperatura do ar, Radiação solar e Fotoperíodo). A equação é apresentada abaixo:

$$PP = PPB \times Ciaf \times Cres \times Ccol \times ND \quad [2]$$

Sendo, PP = produtividade potencial (t ha<sup>-1</sup>); PPB = produtividade potencial bruta (matéria seca); Ciaf = coeficiente do índice de área foliar (estádio); Cres = coeficiente de respiração; Ccol = coeficiente do índice de colheita; ND = período de desenvolvimento da cultura (dias).

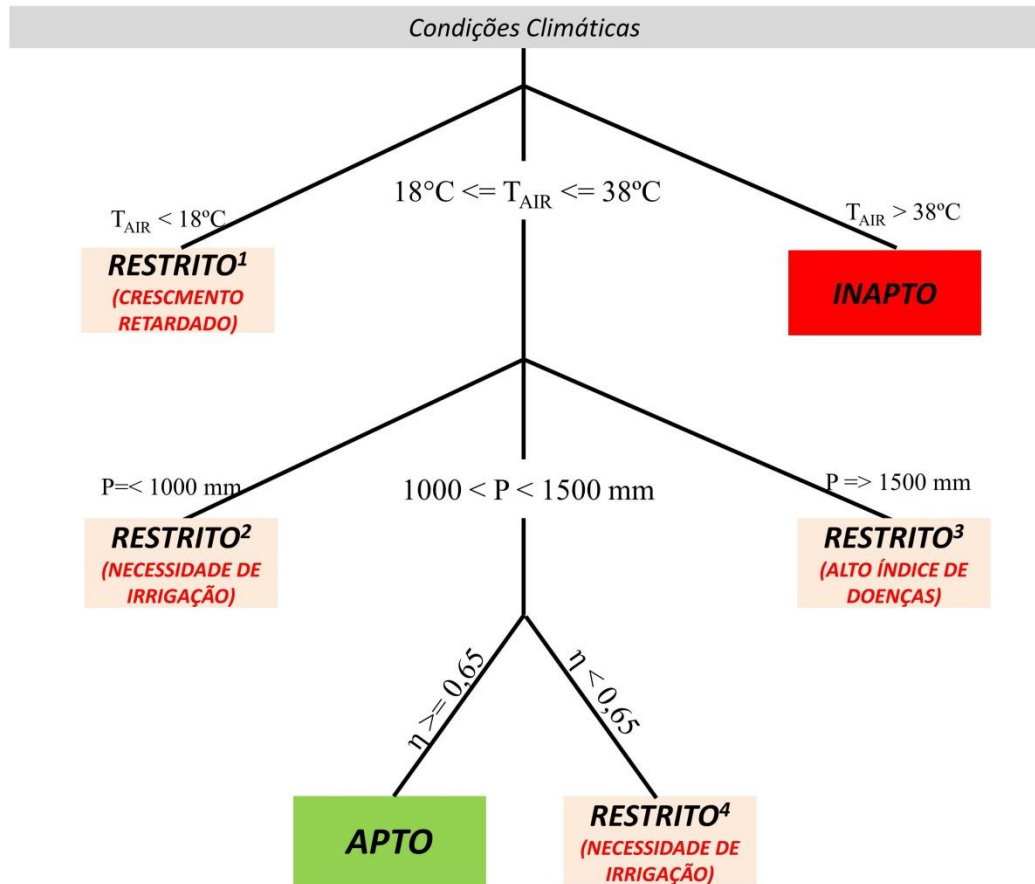
A produtividade atingível é decorrente das variáveis que afetam o desenvolvimento das plantas como intensidade luminosa, disponibilidade de água, temperatura e as condições edáficas. Dessa maneira, a produtividade atingível foi estimada de acordo com Doorenbos & Kassam (1994), utilizando o fator de sensibilidade ao déficit hídrico da cultura ( $K_y$ ) e o déficit relativo de evapotranspiração ( $1 - AET_c \div PET_c$ ). O fator de resposta à água ( $k_y$ ) e o déficit relativo de evapotranspiração foi obtido de Doorenbos e Kassam (1979). A equação é a seguinte:

$$PA = [1 - K_y \times (1 - AET_c \div PET_c)] \times PP \quad [3]$$

sendo: PA = produtividade atingível;  $K_y$  = fator de sensibilidade ao déficit hídrico da cultura; AETc = evapotranspiração real do cultivo; PETc = evapotranspiração potencial do cultivo.

Considerando o cenário de risco climático estabelecido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2003), definiu-se que um cenário favorável é uma frequência de ocorrência da eficiência climática média maior que 0,65 (%) para todos os anos. Por meio desta informação e de outras referências bibliográficas (BACCHI, 1985; TEODORO et al., 2009; BARBIERI; VILLA NOVA, 1977; DOOREMBOS; KASSAN, 1979; MAGALHÃES, 1987; BARBIERI et al., 19), foram estabelecidas as classes de aptidão agroclimática para o cultivo da cana-de-açúcar para o Brasil (Figura 2).

**Figura 2: Critério de classificação da adaptabilidade da cana-de-açúcar conforme os atributos agroclimáticos:  $T_{AIR}$  = temperatura do ar média anual ( $^{\circ}$  Celsius),  $P$  = precipitação pluvial anual ( $\text{mm ano}^{-1}$ ) e  $\eta$  = eficiência climática**



Foram consideradas regiões aptas climaticamente para o cultivo quando as temperaturas médias anuais ( $T$ ) variaram entre 18 e 38  $^{\circ}\text{C}$ , as precipitações anuais ( $P$ ) entre 1.000 e 1.500  $\text{mm ano}^{-1}$  e uma eficiência climática maior que 0,65.

Do ponto de vista da fisiologia das plantas, é importante ressaltar alguns fatores. A espécie *Saccharum officinarum* é uma gramínea monocotiledônea e realiza o ciclo fotossintético C4 de assimilação do carbono. Desta maneira, a cana-de-açúcar apresenta células especializadas da bainha do feixe vascular e do mesofilo, o que configura um tipo de anatomia conhecida como “Kranz”, que permite uma maior concentração do  $\text{CO}_2$  nos cloroplastos das células. Por sua vez, essa maior concentração do  $\text{CO}_2$  nos sítios de carboxilação da enzima Rubisco resulta na supressão da oxigenação da ribulose-1,5-bifosfato, e por consequência, na supressão da fotorrespiração (TAIZ e ZEIGER, 2009).

Portanto, a cana-de-açúcar apresenta mecanismos de adaptação a altas temperaturas e baixa disponibilidade de água. Porém, em áreas com temperaturas superiores a 38°C, a planta começa a apresentar alguns sintomas como desnaturação de enzimas e fechamento dos estômatos devido a evapotranspiração excessiva que dificultam o alcance de uma produtividade satisfatória. Seguindo o mesmo raciocínio, em áreas com precipitações anuais abaixo de 1.000mm e sem o complemento da irrigação, a planta começa a apresentar sintomas típicos de deficiência hídrica como o enrolamento foliar, inibição da expansão celular, fechamento de estômatos, diminuição da taxa fotossintética e conseqüentemente uma queda na produtividade.

Também foram observadas algumas restrições: Restrição 1 = Temperaturas do ar anuais menores que 18 °C retardam o crescimento, devido o baixo acúmulo de graus-dia durante o ciclo. Restrição 2 = Presença de precipitações inferiores a 1000 mm anuais (necessidade de irrigação). Restrição 3 = Precipitações acima de 1.500 mm anuais (excesso de umidade) o que promove alto índice de doenças no cultivo. Restrição 4 = Eficiência climática menor que 0,65 (conjunto de fatores desfavorável ao plantio da cultura).

A evapotranspiração potencial foi calculada pelo método de Thornthwaite (1948) (equações 1, 2, 3, 4 e 5). Com a ETP determinada, foram gerados os balanços hídricos climatológicos segundo Thornthwaite e Mather (1955) para todas as localidades. Foi utilizado uma capacidade de água disponível igual 80 mm, valor que representa a profundidade efetiva do sistema radicular da cana-de-açúcar (MARCARI et al., 2015).

Com o cruzamento dos elementos meteorológicos  $T_{air}$ ,  $P$  e  $\eta$  foi possível obter as áreas com maiores potenciais para produção da cana-de-açúcar. Com a interpolação e o cruzamento das informações, conforme os critérios mencionados, obteve-se as áreas para expansão da cana-de-açúcar para o Mato Grosso do Sul e o Brasil. Foi utilizado como método de interpolação a krigagem (KRIGE, 1951), com o modelo esférico, um vizinho e resolução de 0,25°.

#### **4 DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS DADOS**

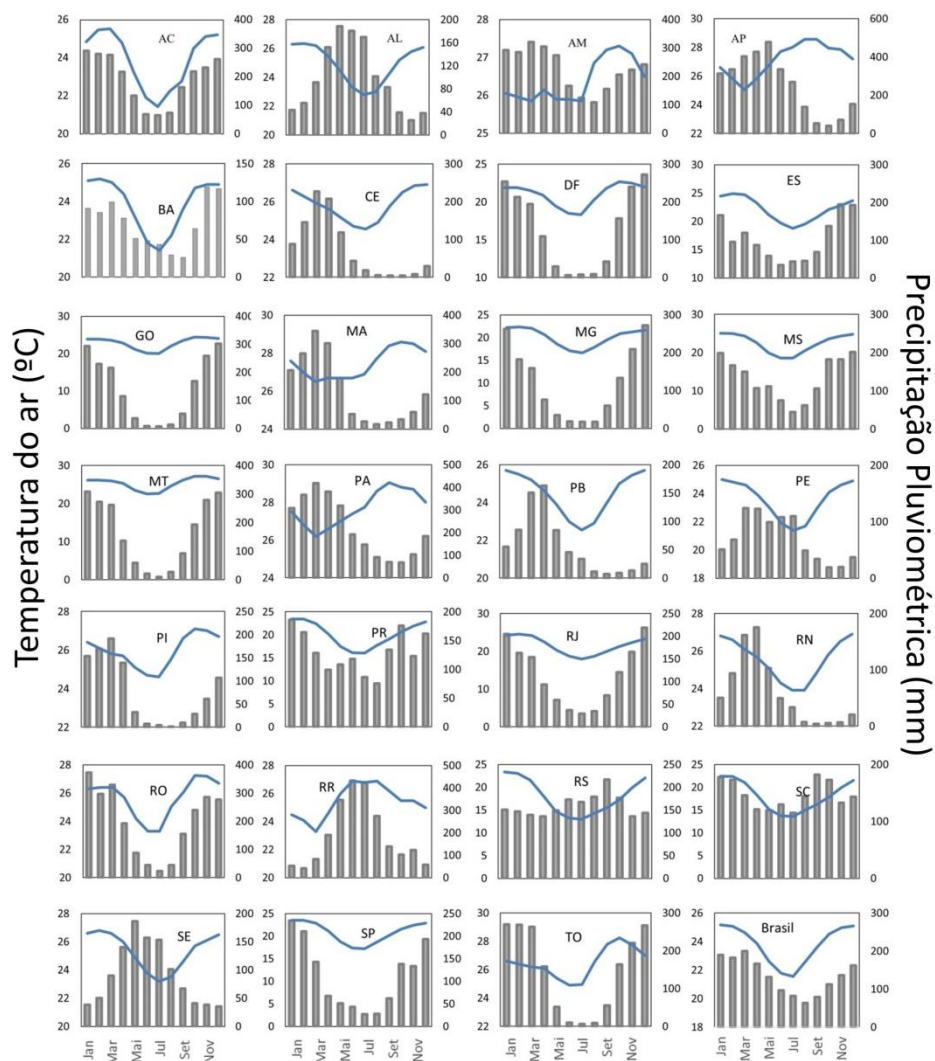
O Brasil possui uma extensa área territorial com predominância de clima Topical, por isso, há grande variabilidade climática nas diversas regiões do país. A temperatura do ar média variou de 14 °C, valor encontrado no Rio Grande do Sul, a 29 °C valor aferido no estado do Pará.

O Acre, Alagoas Bahia, Ceará, Distrito Federal, Espírito Santo, Goiás, Minas Gerais,



Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Rio de Janeiro, Paraíba, Pernambuco, Rondônia, São Paulo e Tocantins foram os estados que demonstram uma semelhança na tendência da temperatura do ar no decorrer do ano, uma vez que evidenciaram elevadas temperaturas do ar no período de outubro a abril e baixas temperaturas do ar no período de maio a setembro. Alguns estados como Amazonas, Amapá, Maranhão, Pará e Roraima, demonstraram uma tendência contrária, que é um inverno chuvoso e verão seco.

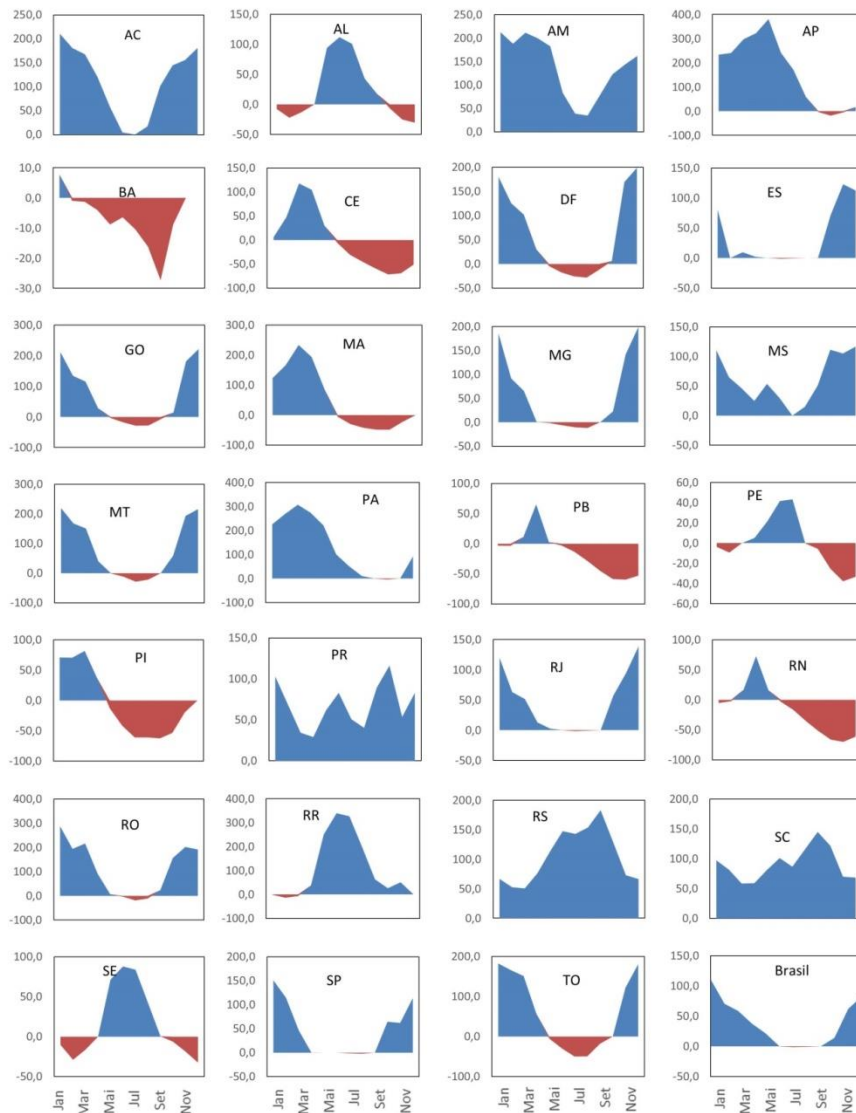
**Figura 3: Temperatura do ar e precipitação pluviométrica dos Estados Brasileiros entre os anos de 1950 a 2016**



O Brasil com toda sua extensão e características também demonstrou uma alta variação no decorrer do ano nas condições hídricas do sistema solo-planta-atmosfera (Figura 4). A região Nordeste apresentou déficits em grande parte do ano, enquanto que as regiões Sul e Norte apresentaram os excedentes acima da média nacional.

As regiões do Centro-Oeste e Sudeste demonstraram excelentes condições de cultivo da cana-de-açúcar, e desta forma, os Estados de São Paulo, Minas Gerais, Mato grosso do Sul, Espírito Santo, Rio de Janeiro e Goiás, apresentaram-se com as características mais favoráveis ao cultivo canavieiro (Figura 4).

**Figura 4: Balanço hídrico climatológico (Thornthwaite and Mather, 1955) dos Estados brasileiros entre os anos de 1950 a 2016**

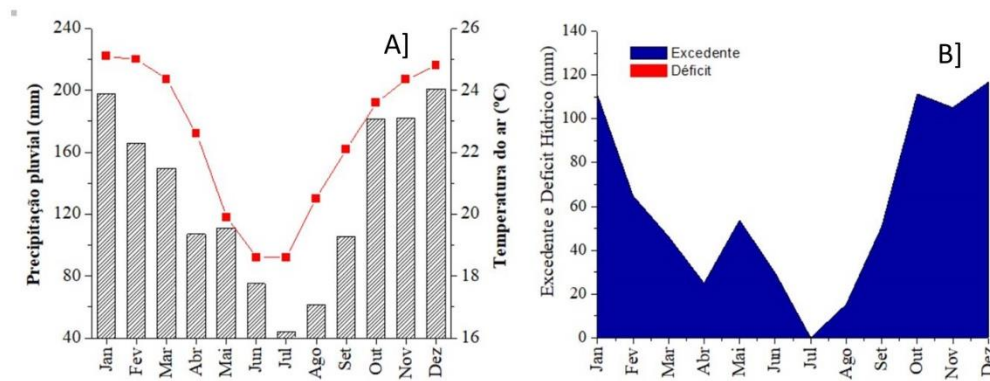


Na Figura 5.A é possível constatar que o estado do Mato Grosso do Sul apresentou temperaturas mais elevadas de setembro a março, com médias em torno de 25 °C, enquanto que no período de junho a julho ocorrem temperaturas do ar médias em torno de 8 °C. Em relação ao índice pluviométrico, observou-se que no estado do Mato Grosso do Sul ocorre precipitações durante todo o ano, chegando a um total de 1539 mm ano<sup>-1</sup>. Os meses com as

menores precipitações são de junho-agosto, na qual ocorre uma média mensal de 55,1 mm mês<sup>-1</sup>.

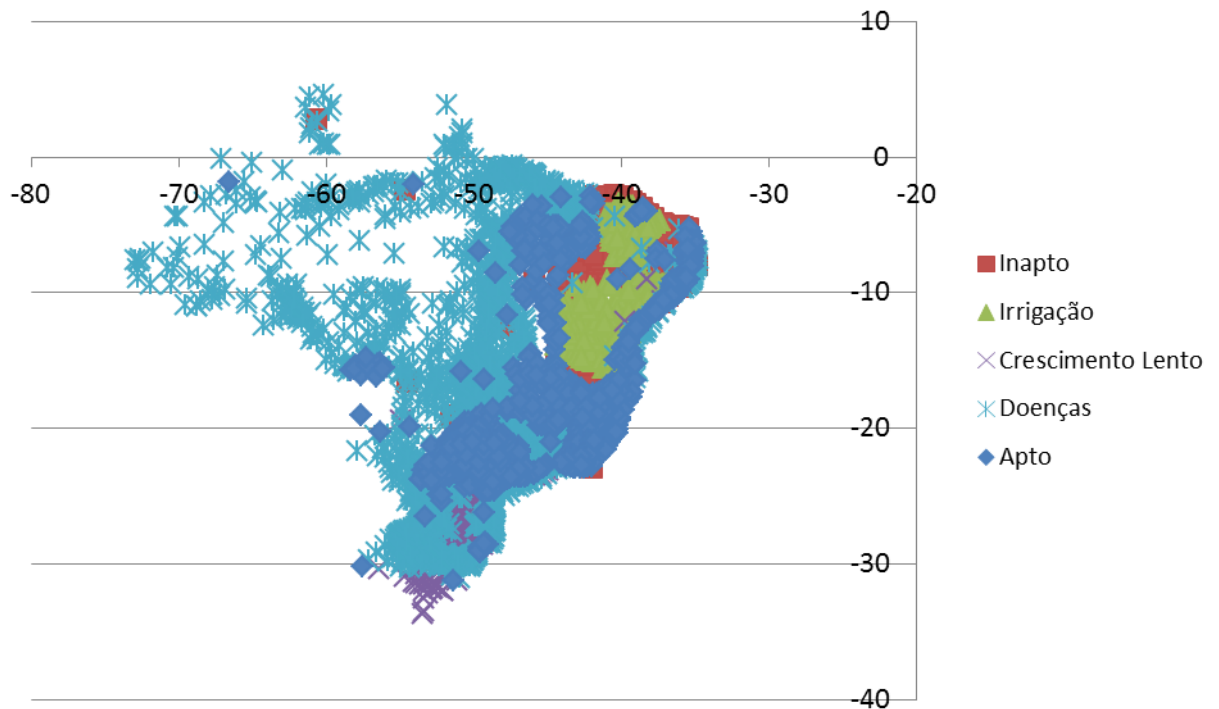
Vale a pena ressaltar, que as condições do Mato Grosso do Sul demonstraram ser aptas ao bom desenvolvimento da cana de açúcar, uma vez que a cultura se desenvolve bem com precipitações próximas de 1.700 mm ano<sup>-1</sup> (TEODORO et al., 2009) e temperaturas do ar entre 18 °C a 38 °C (DOOREMBOS; KASSAN, 1979; BACCHI, 1985). Fato que comprova isto é o gráfico da direita demonstrado na Figura 5.B, que mostra a ausência de deficiência hídrica durante os meses do ano, de uma maneira geral, para o cultivo da cana-de-açúcar em Mato Grosso do Sul.

**Figura 5: Temperatura do ar, precipitação pluviométrica (A) e balanço hídrico climatológico (B) do estado do Mato Grosso do Sul entre os anos de 1950 a 2016**



É de fundamental importância a identificação de áreas aptas a produção de cana-de-açúcar nos estados do Brasil. Assim sendo, o zoneamento agroclimático tem-se mostrado como ferramenta essencial para encontrar as áreas que apresentam um menor risco climático. O zoneamento agrometeorológico da cana-de-açúcar para todos os estados do Brasil pode ser observado na Figura 6.

**Figura 6: Zoneamento agro-meteorológico da cana-de-açúcar no Brasil, entre os anos de 1950 e 2016**



O Brasil evidenciou que grande parte de sua totalidade é apto climaticamente ao cultivo da cana-de-açúcar, e que poucas áreas são consideradas inaptas. Mas, principalmente as regiões Sudeste, Centro-oeste e Nordeste, foram as que demonstraram as maiores extensões aptas ao cultivo da cana-de-açúcar. O Mato Grosso do Sul, estado do Centro-oeste, demonstrou apresentar grande parte da sua área apta climaticamente para realizar o cultivo da cana de açúcar.

Algumas áreas das regiões Norte, Centro-oeste e Sul foram considerada áreas de restrição ao cultivo, devido aos elevados índices de doenças, que provavelmente ocorre em questão da combinação de altas temperaturas do ar e umidades relativa do ar em vários períodos do ano.

A região do Nordeste demonstrou que grande parte da área pode haver a necessidade de irrigação. Pontos inaptos foram determinados no Centro-Oeste, Norte e Sul do Nordeste. Alguns pontos no extremo Norte e litoral do Sudeste demonstraram-se inaptos para o cultivo.

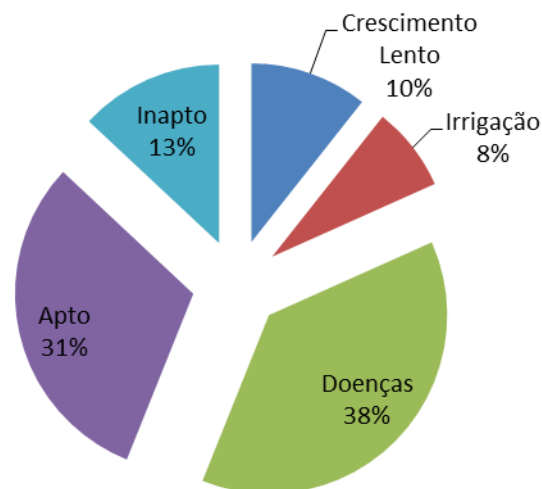
Na região do extremo sul do Brasil o desenvolvimento da cana-de-açúcar não é indicado em razão de um crescimento reduzido, devido às baixíssimas temperaturas do ar (Figura 6). Doorembos & Kassan (1979) destacam que a cana-de-açúcar não tem

desenvolvimento viável com a temperatura do ar abaixo 18-20°C.

O Brasil apresenta 31% das suas áreas agrícolas aptas ao cultivo de cana-de-açúcar e apenas 13% inaptas (Figura 7). Estes resultados evidenciam que as condições climáticas no Brasil são favoráveis ao cultivo da cana-de-açúcar, o que favorece o Brasil no ranking como maior produtor mundial da cultura. As áreas com alto índice de doenças representam uma expressividade de 38% do território nacional.

Essas doenças surgem principalmente nas regiões com elevada umidade e alto índice pluviométrico. Assim sendo, dentre os fatores de produção, as doenças são bem limitantes para o cultivo da cana-de-açúcar. A classe de crescimento lento, equivalente a 10%, encontra-se na região sul, onde a temperatura é baixa em grande parte do ano. A menor classe é aquela que representa os cultivos irrigados, na qual é responsável por 8% dos cultivos na região do nordeste brasileiro (Figura 7).

**Figura 7: Percentagem das áreas (%) de cada classe de Zoneamento agroclimático da cana de açúcar no Brasil**



## 5 CONCLUSÕES

O estado do Mato Grosso do Sul apresentam grande parte das suas áreas aptas climaticamente para o plantio canavieiro. Algumas áreas do estado apresentaram tendências de alto índice de doenças, questão essa que pode ser sanadas com a utilização de produtos agro-químicos e manejo adequado da cultura.

O Brasil apresenta 31% das suas áreas agrícolas aptas ao cultivo de cana-de-açúcar e apenas 13% inaptas, principalmente no Nordeste do Brasil. Essas áreas foram consideradas

inaptas, devidos aos baixos índices pluviométricas acompanhados de elevadas temperaturas, o que proporciona uma fotossíntese líquida negativa, sendo inviável para uma produção financeiramente rentável.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, B. M. et al. Comparação de métodos de estimativa da ETo na escala mensal em Fortaleza-CE. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza-CE, v.4, n.2, p.93-98, 2010.
- BACCHI, O. O. S. **Ecofisiologia da Cana-de-Açúcar**. Piracicaba: IAA/PLANALSUCAR, 1985. 20 p.
- BARBIERI, V.; VILLA NOVA, N.A **Climatologia e a cana-de-açúcar**. Araras: PLANALSUCAR, 1977. 22 p.
- BATISTA, E. L. S. **Efeitos do estresse hídrico sobre o crescimento de cultivares de Cana-de-Açúcar**. 2012. 117 f. Trabalho de Conclusão de Curso (tese) Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa-UFV, Viçosa, 2012.
- DOOREMBOS, J.; KASSAN, A.H. **Efeitos da água no rendimento das culturas**. Roma: FAO, 1994. 212 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).
- FLEXAS, J.; RIBAS-CARBO, M.; BOTA, J.; GALMES, J.; HENKLE, M.; MARTINEZ-CANELLAS, S.; MEDRANO, H. Decreased Rubisco activity during water stress is not induced by decreased relative water content but related to conditions of low stomatal conductance and chloroplast CO<sub>2</sub> concentration. **New Phytologist**, v.172, p.73-82, 2006.
- IBGE, Censo. "Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/default.shtm>." Acesso em 15 de agosto de 2017. (2006).
- INMAN-BAMBER, N.G.; SMITH, D.M. Water relations in sugarcane and response to water deficits. **Field Crops Research**, v.92, p.185-202, 2005.
- LYRA G. B.; BATISTA, E. L. S.; LYRA, G. B.; PEREIRA, C. R.; SILVA, L. D. B.; SILVA, G. M. Coeficiente da cultura da cana-de-açúcar no estágio inicial de desenvolvimento em campos dos Goytacazes, Rj. **Irriga**, Botucatu, v. 17, n. 1, p. 102-113, janeiro-março, 2012.
- NUNES, E. L.; AMORIM, R. C. F.; SOUZA, W. G.; RIBEIRO, A.; SENNA, M. C. A.; LEAL, B. G. Zoneamento agroclimático da cultura do café para a bacia do Rio Doce. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.22, n.3, p.297-302, 2007.
- PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Seropédica: Edur, 2004. 191p.
- RAMESH, P. Effect of different levels of drought during the formative phase on growth parameters and its relationship with dry matter accumulation in sugarcane. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v.185, p.83-89, 2000.

ROBERTSON, M.J.; MUCHOW, R.C.; DONALDSON, R.A.; INMAN-BAMBER, N.G.; WOOD, A.W. Estimating the risk associated with drying-off strategies for irrigated sugarcane before harvest. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.50, p.65-77, 1999.

RUDORFF, B. F. T. et al. Studies on the rapid expansion of sugarcane for ethanol production in São Paulo State (Brazil) using Landsat data. **Remote sensing**, 2(4):1057-1076, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 719 p.

TEODORO, I. et al. **Crescimento e Produtividade da cana-de-açúcar em cultivo de sequeiro nos tabuleiros costeiros de Alagoas**. STAB, Março/Abril, v. 27, n. 4, 2009.

WANG, L. et al. Economic and GHG emissions analyses for sugarcane ethanol in Brazil: Looking forward. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 40:571-582, 2014.