



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

MELINA DA SILVA DE SOUZA

**REGIME PLUVIOMÉTRICO E ESTRATÉGIAS DE MANEJO SUSTENTÁVEL NO
CULTIVO DO FEIJÃO-CAUPI**

FORTALEZA

2023

MELINA DA SILVA DE SOUZA

REGIME PLUVIOMÉTRICO E ESTRATÉGIAS DE MANEJO SUSTENTÁVEL NO
CULTIVO DO FEIJÃO-CAUPI

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Manejo e Conservação de Bacias Hidrográficas no Semiárido

Orientador: Prof. Dr. Fernando Bezerra Lopes.
Coorientador: Prof. Dr. Erialdo de Oliveira Feitosa

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos
pelo(a) autor(a)

S239r Souza, Melina da Silva de.

Regime pluviométrico e estratégias de manejo sustentável no cultivo do feijão-caupi / Melina da Silva de Souza. – 2023.

162 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2023.

Orientação: Prof. Dr. Fernando Bezerra Lopes.

Coorientação: Prof. Dr. Erialdo de Oliveira Feitosa.

1. Adubação orgânica. 2. Cobertura do solo. 3. Sistemas de produção. 4. Semiárido. I. Título.

CDD 630

MELINA DA SILVA DE SOUZA

REGIME PLUVIOMÉTRICO E ESTRATÉGIAS DE MANEJO SUSTENTÁVEL NO
CULTIVO DO FEIJÃO-CAUPI

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Manejo e Conservação de Bacias Hidrográficas no Semiárido

Aprovada em: 11/08/2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Fernando Bezerra Lopes (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Erialdo de Oliveira Feitosa (Coorientador)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá (IFAP)

Prof. Dra. Isabel Cristina da Silva Araújo
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Sílvio Carlos Ribeiro Vieira Lima
Secretaria do Desenvolvimento Econômico e Trabalho do Governo do Estado do Ceará
(SEDET)

A Deus.

Aos meus pais Olimpia Maria e João de Sales e
ao meu irmão Ivan Carlos, principais
incentivadores desse projeto

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder saúde e força para realizar as atividades mesmo diante a uma Pandemia.

À Instituição Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

A todos os parceiros, financiadores e participantes do Projeto Brasil e Trentino: novas oportunidades de co-desenvolvimento 2020-2222, grata pela soma dos conhecimentos técnicos e por todo o auxílio financeiro para o desenvolvimento da pesquisa.

A Universidade Federal do Ceará em especial ao Departamento de Engenharia Agrícola e o Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola pela oportunidade de cursar o mestrado.

Ao Prof. Dr. Fernando Bezerra Lopes, pela excelente orientação, dedicação e contribuição durante todo o mestrado.

Ao Prof. Dr. Erialdo de Oliveira Feitosa pela excelente coorientação, obrigada por todos os conselhos e ensinamentos em cada atividade da pós-graduação.

Aos professores participantes da banca examinadora Prof. Dra. Isabel Cristina da Silva Araújo e Dr. Sílvio Carlos Ribeiro Vieira Lima pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

A toda a minha família, pelo incentivo, suporte e confiança, na imagem de Olímpia Maria, Ivan Carlos e João de Sales.

Aos meus amigos de graduação que permaneceram na pós-graduação: Tavares Forte Neto, Yves Klavdian, Rômulo, Ruggeri, Lindemberg, Mayara, Aline, Ana Vitória e Glauber Pontes, obrigada pela amizade e pelo encorajamento.

A todo o Grupo de Pesquisa e Extensão em Manejo de Água e Solo no Semiárido, em especial: Josivan, Letícia, Fosco, Érika, Fredson, Karoline e prof. Dra. Isabel, grata por toda a assistência prestada, principalmente na montagem do experimento e nas coletas de dados em campo.

A todos os funcionários da Fazenda Experimental Vale do Curu por todo o amparo e contribuição no desenvolvimento do experimento, especialmente agradeço ao Kleyton, Geovane e José Airton.

A todos os amigos e funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola: Eduardo, Ana Maria, Bruno, Ivina e Mardones.

Aos meus amigos de infância Leonardo, Patrícia e Estela que acompanharam todo o processo e me encorajaram em todos os momentos.

In memoriam a Adriano, um grande amigo que de onde estiver torcerá pelo meu sucesso.

A todos os professores do PPGEA, PPG em Ciência do Solo e PPG em Agronomia/Fitotecnia pelos saberes adquiridos nas disciplinas ao decorrer do curso de mestrado.

Aos professores e servidores da Escola Família Agrícola Dom Frágoso por todo o acolhimento e a troca de saberes possibilitada durante a minha estadia em Independência.

A Ana Caroline pelo suporte técnico na recomendação das doses de adubação orgânica.

A todos que contribuíram diretamente ou indiretamente para a realização deste trabalho.

“O meio ambiente não é o espaço que vivemos,
mas o espaço do qual vivemos.”
(PRIMAVESI, A.).

RESUMO

A análise dos elementos e fatores climáticos constitui condição básica para a implantação de sistemas de cultivos, principalmente no semiárido brasileiro, uma vez que impactam fundamentalmente os sistemas de produção agrícola em regime de sequeiro. Nesta região o regime pluviométrico modifica-se anualmente, variando de muito seco a muito chuvoso. Além disso, durante a quadra chuvosa a distribuição da precipitação ocorre de modo irregular no tempo e espaço, resultando em dias consecutivos sem chuvas (veranicos). Os veranicos reduzem a umidade do solo e afetam o crescimento e rendimento de culturas temporárias, como o feijão-caupi. No sentido de diminuir os efeitos dos veranicos recomenda-se a adoção de práticas conservacionistas como cobertura morta e adubação orgânica, a utilização dessas estratégias tendem a melhorar a infiltração e retenção de água no solo. Diante do exposto, objetivou-se quantificar a ocorrência e espacialização de veranicos conforme a variabilidade anual das chuvas no Ceará e assim desenvolver estratégias de manejo agrícola para atenuar o déficit hídrico. A fim de entender sobre o padrão de veranicos de acordo com o regime pluviométrico, foram utilizados os dados de precipitação de 1990 a 2019 para os 184 municípios do Ceará, onde os veranicos foram contabilizados e agrupados conforme a duração. Com as informações foram criados mapas usando *Krigagem* Ordinária no QGIS. Para encontrar soluções de modo a diminuir a influência negativa do clima no cultivo de feijão foi instalado um experimento em Pentecoste – CE, no qual foi avaliado o uso de cobertura morta e adubação orgânica no cenário hídrico muito seco, seco, normal e chuvoso e seus efeitos na umidade do solo e nos parâmetros de produção do feijão. No Ceará ao decorrer dos 30 anos registrou-se a presença total de 39.382 veranicos, que variaram na quantidade e intensidade conforme o regime pluviométrico. A região do Sertão Central e Sertão de Inhamuns mostrou-se a mais afetada pelo clima, com os menores valores precipitados, as maiores presenças de veranicos longos e as baixas produtividades de feijão, principalmente nos regimes muito seco e seco. Diante a situação a utilização de cobertura morta mostrou-se eficiente para atenuar os efeitos do baixo volume hídrico e da má distribuição das chuvas nos cenários mais severos, contribuindo para manter a umidade do solo em períodos de estiagem e garantir o desenvolvimento da cultura. Além disso, a cobertura morta e a adubação orgânica contribuíram positivamente para as variáveis de crescimento como o comprimento da vagem e número de grãos por vagem. Vale ressaltar que o uso da proteção do solo aumentou o rendimento em todos os cenários hídricos, onde no regime muito seco o uso da cobertura morta garantiram a produtividade de 1.232 kg ha^{-1} , representando aumento de 27% quando comparado com a

testemunha. Deste modo, técnicas simples diminuem as incertezas e asseguram a produtividade do feijão principalmente em períodos muito secos e secos, sendo importante a difusão e o incentivo do uso destas práticas no meio rural por parte dos agricultores.

Palavras-chave: adubação orgânica; cobertura do solo; sistemas de produção; semiárido.

ABSTRACT

The analysis of climate elements and factors constitutes a basic condition for the implementation of cropping systems, mainly in the Brazilian semi-arid region, since they fundamentally impact agricultural production systems in a rainfed regime. In this region, the rainfall regime changes annually, ranging from very dry to very rainy. In addition, during the rainy season the distribution of precipitation occurs irregularly in time and space, resulting in consecutive dry days (dry spell). The dry spells reduce soil moisture and affect the growth and yield of temporary crops such as cowpea. In order to reduce the effects of dry spells, it is recommended to adopt conservationist practices such as mulching and organic fertilization, strategies tend to improve infiltration and water retention in the soil. Given the above, the objective was to quantify the occurrence and spatial distribution of dry spells according to the annual variability of rainfall in Ceará and thus develop agricultural management strategies to mitigate the water deficit. In order to understand the pattern of dry spells according to the rainfall regime, rainfall data from 1990 to 2019 were used for the 184 municipalities in Ceará, where the dry spells were counted and grouped according to duration. With the information maps were created using Ordinary Kriging in QGIS. To find solutions in order to reduce the negative influence of the climate on the cultivation of cowpea, an experiment was installed in Pentecoste - CE, in which the use of mulch and organic fertilization in the very dry, dry, normal and rainy water scenario was evaluated and its effects on soil moisture and cowpea production parameters. In the results it was obtained that in Ceará over the course of 30 years, the presence of 39,382 dry spells was recorded, which varied in quantity and intensity according to the rainfall regime. The Sertão Central and Sertão de Inhamuns region was the most affected by the climate, with the lowest precipitation values, the highest presence of long summers and low bean yields, especially in very dry and dry regimes. Given the situation, the use of mulch proved to be efficient to mitigate the effects of low water volume and poor distribution of rainfall in the most severe scenarios, helping to maintain soil moisture in periods of drought and guarantee the development of the crop. In addition, mulching and organic fertilization positively affected growth variables such as pod length and number of grains per pod. It is worth mentioning that the use of soil protection increased the yield in all water scenarios, where in the very dry regime the use of mulch ensured the productivity of $1,232 \text{ kg ha}^{-1}$, representing an increase of 27% when compared to the control. In this way, simple techniques can reduce uncertainties and ensure bean productivity, especially in very dry and dry periods, and it is important to disseminate and encourage the use of these practices in rural areas by farmers.

Keywords: organic fertilization; mulching; production systems; semiarid.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Localização geográfica da área de estudo	53
Figura 2	– Normal climatológica do Estado do Ceará (1990-2019)	59
Figura 3	– Normal climatológica dos municípios cearenses (1990-2019)	61
Figura 4	– Box plots da precipitação pluviométrica em cada região pluviométrica homogênea do Ceará em um regime (a) muito seco, (b) seco, (c) normal, (d) chuvoso e (e) muito chuvoso	62
Figura 5	– Precipitação pluviométrica no Ceará conforme o cenário (a) Muito Seco; (b) Seco; (c) Normal; (d) Chuvoso; (e) Muito Chuvoso	64
Figura 6	– Veranicos médios (1990-2019) no Ceará	69
Figura 7	– Veranicos médios (1990-2019) com duração de (a) 5 a 10 dias (b) 11 a 15 dias (c) > 15 dias no Ceará	70
Figura 8	– Box plots dos veranicos de 5 a 10 dias em cada região pluviométrica homogênea do Ceará em um regime (a) muito seco, (b) seco, (c) normal, (d) chuvoso e (e) muito chuvoso.....	71
Figura 9	– Quantidade média de veranicos com duração de 5 a 10 dias para o regime (a) Muito Seco; (b) Seco; (c) Normal; (d) Chuvoso; (e) Muito Chuvoso	77
Figura 10	– Box plots dos veranicos de 11 a 15 dias em cada região pluviométrica homogênea do Ceará em um regime (a) muito seco, (b) seco, (c) normal, (d) chuvoso e (e) muito chuvoso.....	79
Figura 11	– Quantidade média de veranicos com duração de 11 a 15 dias para o regime (a) Muito Seco; (b) Seco; (c) Normal; (d) Chuvoso; (e) Muito Chuvoso.....	80
Figura 12	– Box plots dos veranicos superiores a 15 dias em cada região pluviométrica homogênea do Ceará em um regime (a) muito seco, (b) seco, (c) normal, (d) chuvoso e (e) muito chuvoso.....	82
Figura 13	– Quantidade média de veranicos com duração > 15 dias para o regime (a) Muito Seco; (b) Seco; (c) Normal; (d) Chuvoso; (e) Muito Chuvoso	84
Figura 14	– Produtividade média (1990-2019) do feijão-caupi no Ceará	88

Figura 15	– Box plots da produtividade de feijão-caupi (kg ha^{-1}) em cada região pluviométrica homogênea do Ceará em um regime (a) muito seco, (b) seco, (c) normal, (d) chuvoso e (e) muito chuvoso.....	89
Figura 16	– Produtividade média do feijão-caupi (kg ha^{-1}) no regime (a) Muito Seco; (b) Seco; (c) Normal; (d) Chuvoso; (e) Muito Chuvoso.....	91
Figura 17	– Temperatura e umidade do ar durante o experimento.....	109
Figura 18	– Croqui experimental da área de estudo em Pentecoste – Ceará.....	112
Figura 19	– Lâminas de água aplicadas para simular os cenários hídricos (a) muito seco, (b) seco, (c) normal e (d) chuvoso em cultivo de feijão-caupi.....	113
Figura 20	– Instalação do experimento com (a) adição de adubação orgânica no solo e (b) montagem do sistema de irrigação.....	114
Figura 21	– Instalação do experimento com (a) plantio da BRS Pujante e (b) Inserção de cobertura morta.....	115
Figura 22	– Vagens em sacos de papel para análise.....	116
Figura 23	– Amostras de solo secando em estufa.....	117
Figura 24	– Análise das variáveis de produção do feijão.....	117
Figura 25	– Umidade do solo conforme o uso de práticas conservacionistas no regime (a) muito seco; (b) seco; (c) normal; e (d) chuvoso.....	121
Figura 26	– Comprimento médio da vagem do feijão em diferentes cenários hídricos (muito seco, seco, normal e chuvoso) e presença ou ausência de cobertura morta.....	132
Figura 27	– Número de grãos por vagem no feijão em diferentes cenários hídricos (muito seco, seco, normal e chuvoso) e presença ou ausência de cobertura morta.....	133
Figura 28	– Comprimento médio da vagem do feijão em diferentes cenários hídricos (muito seco, seco, normal e chuvoso) sob presença ou ausência de adubação orgânica.....	134
Figura 29	– Número de grãos por vagem do feijão em diferentes cenários hídricos (muito seco, seco, normal e chuvoso) sob presença ou ausência de adubação orgânica.....	135

Figura 30	– Número de vagens por planta de feijão em diferentes cenários hídricos (muito seco, seco, normal e chuvoso) sob presença ou ausência de cobertura morta.....	136
Figura 31	– Peso de 100 sementes de feijão em diferentes cenários hídricos (muito seco, seco, normal e chuvoso) sob presença ou ausência de cobertura morta.....	137
Figura 32	– Produtividade do feijoeiro em diferentes cenários hídricos (muito seco, seco, normal e chuvoso) sob presença ou ausência de cobertura morta.....	138

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Postos pluviométricos com falhas no registro histórico de 1990 a 2019 do Estado do Ceará.....	54
Tabela 2	– Modelos de semivariogramas da precipitação média geral e no regime pluviométrico muito seco, seco, normal, chuvoso e muito chuvoso de 1990 a 2019 do Estado do Ceará.....	58
Tabela 3	– Total de veranicos (1990-2019) por Região Pluviométrica Homogênea do Estado do Ceará.....	66
Tabela 4	– Modelos de semivariogramas de veranicos médios gerais, classe V1, V2 e V3 de 1990 a 2019 do Estado do Ceará.....	68
Tabela 5	– Modelos de semivariogramas de veranicos da classe V1, V2 e V3 no regime pluviométrico muito seco, seco, normal, chuvoso e muito chuvoso de 1990 a 2019 do Estado do Ceará.....	74
Tabela 6	– Modelo de semivariogramas da produtividade média de feijão-caupi na série histórica de 1990-2019 no regime pluviométrico muito seco, seco, normal, chuvoso e muito chuvoso do Estado do Ceará.....	87
Tabela 7	– Coeficiente de Correlação de <i>Spearman</i> entre as variáveis V1, V2, V3, veranicos totais, precipitação e produtividade de feijão-caupi para o ano muito seco	92
Tabela 8	– Coeficiente de Correlação de <i>Spearman</i> entre as variáveis V1, V2, V3, veranicos totais, precipitação e produtividade de feijão-caupi para o ano seco	93
Tabela 9	– Coeficiente de Correlação de <i>Spearman</i> entre as variáveis V1, V2, V3, veranicos totais, precipitação e produtividade de feijão-caupi para o ano normal	94
Tabela 10	– Coeficiente de Correlação de <i>Spearman</i> entre as variáveis V1, V2, V3, veranicos totais, precipitação e produtividade de feijão-caupi para o ano chuvoso	95

Tabela 11 – Coeficiente de Correlação de <i>Spearman</i> entre as variáveis V1, V2, V3, veranicos totais, precipitação e produtividade de feijão-caupi para o ano muito chuvoso.....	95
Tabela 12 – Atributos físicos do perfil de solo da área de estudo em Pentecoste – Ceará...	110
Tabela 13 – Atributos químicos do solo e índices de fertilidade da área de estudo em Pentecoste – Ceará.....	111
Tabela 14 – Atributos da água para irrigação do Rio Curu em Pentecoste – Ceará.....	111
Tabela 15 – Análise de composto bovino usado para a adubação do experimento em Pentecoste – Ceará.....	114
Tabela 16 – Estatística descritiva e teste de normalidade das variáveis: comprimento médio da vagem; número de grãos por vagem; número de vagens por planta; peso de 100 sementes e produtividade.....	126
Tabela 17 – Resumo da análise de variância e coeficientes de variação para as variáveis de produção: comprimento médio da vagem (CMV), número de grãos por vagem (NGV), número de vagens por planta (NVP), peso de 100 grãos (P100) e produtividade.....	131

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A0	Ausência de adubação orgânica
A1	Presença de adubação orgânica
AAN	Sistema de Alta Pressão do Atlântico Norte
AAS	Sistema de Alta Pressão do Atlântico Sul
ADECE	Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará
Al	Alagoas
Al ³⁺	Alumínio trocável
ANOVA	Análise de variância
ANA	Agência Nacional de Águas
As	Coefficiente de assimetria
BA	Bahia
C0	Ausência de cobertura morta
C1	Presença de cobertura morta
CC	Capacidade de campo
CE	Ceará
Cm	Centímetros
cm ³	Centímetros cúbicos
CMV	Comprimento médio da vagem
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CQFS	Comissão de Química e Fertilidade do Solo
CTC	Capacidade de troca de cátions
CV	Coefficiente de variação
DAP	Dias após o plantio
DBC	Delineamento de blocos ao acaso
Dp	Densidade de partículas
Ds	Densidade do solo
DS	Dia seco
ENOS	El Niño-Oscilação Sul
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETp	Evapotranspiração Potencial
FAO	Food and Agriculture Organization of United States

FEVC	Fazenda Experimental Vale do Curu
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
G	Gramma
Há	Hectare
Ia	Índice de Aridez de Thornthwaite
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
K	Coeficiente de curtose
K	Potássio
km ²	Quilômetros quadrados
M	Metros
m%	Saturação por alumínio
MA	Maranhão
MG	Minas Gerais
Mm	Milímetros
MOS	Matéria orgânica do solo
N	Nitrogênio
NGV	Número de grãos por vagem
NVP	Número de vagens por planta
OMM	Organização Mundial de Meteorologia
P100	Peso de 100 grãos
P	Fósforo
PB	Paraíba
PE	Pernambuco
pH	Potencial hidrogeniônico
PI	Piauí
PMP	Ponto de murcha permanente
PROD	Produtividade
RN	Rio Grande do Norte
RPH	Região pluviométrica homogênea
SE	Sergipe
SIDRA	Sistema IBGE de Recuperação Automática
SUDENE	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
T1	Muito seco

T2	Seco
T3	Normal
T4	Chuvoso
T	Eutrófico
T	Toneladas
TSM	Temperatura da superfície do mar
UR	Umidade relativa
V%	Saturação por bases
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
°	Graus
<	Menor do que
>	Maior do que

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	22
2	HIPÓTESES E OBJETIVOS	24
3	REVISÃO DE LITERATURA	25
3.1	Semiárido mundial e brasileiro	25
3.2	Regime pluviométrico no semiárido	27
3.3	Regime sequeiro	29
3.4	Veranicos na agricultura	30
3.5	Umidade do solo	31
3.6	Cobertura morta	33
3.7	Adubação orgânica	34
3.8	Feijão (<i>Vigna unguiculata</i> L. Walp)	35
4	FREQUÊNCIA DE VERANICOS NO CEARÁ E OS EFEITOS NA AGRICULTURA DE SEQUEIRO	47
4.1	Introdução	51
4.2	Metodologia	53
4.2.1	<i>Área de estudo</i>	53
4.2.2	<i>Precipitação</i>	54
4.2.3	<i>Veranicos</i>	55
4.2.4	<i>Dados de produção</i>	55
4.2.5	<i>Produção de mapas</i>	55
4.2.6	<i>Análise estatística</i>	56
4.3	Resultados e discussão	57
4.3.1	<i>Precipitação pluviométrica</i>	57
4.3.2	<i>Veranicos</i>	65
4.3.3	<i>Produção de feijão-caupi</i>	85
4.3.4	<i>Produtividade de feijão x Veranicos x Precipitação</i>	92
4.4	Conclusões	97
5	DISPONIBILIDADE HÍDRICA E MANEJO DO SOLO NO CULTIVO DE FEIJÃO-CAUPI	105
5.1	Introdução	107
5.2	Metodologia	109

5.2.1	<i>Área de estudo</i>	109
5.2.1.1	<i>Características físico-químicas do solo</i>	109
5.2.1.2	<i>Características da água</i>	111
5.2.2	<i>Delineamento experimental</i>	112
5.2.3	<i>Instalação e Condução do experimento</i>	113
5.2.4	<i>Análises</i>	116
5.2.4.1	<i>Umidade do solo</i>	116
5.2.4.2	<i>Variáveis do feijão</i>	117
5.2.4.3	<i>Análise estatística</i>	118
5.3	Resultados e discussão	119
5.3.1	<i>Umidade do solo</i>	119
5.3.2	<i>Variáveis de produção</i>	124
5.4	Conclusões	139
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	145
	REFERÊNCIAS	146

1 INTRODUÇÃO

A agricultura de sequeiro se desenvolve em várias partes do mundo, como Ásia (BALTACI; ARSLAN, 2022), África (TOUNKARA *et al.*, 2020; MOGES; BHAT, 2021), América do Sul (LOPES; DANTAS; FERREIRA, 2019; VASCONCELOS *et al.*, 2019) e Europa (GOBIN; VYVER, 2021), sendo responsável por 80% da produção de alimentos do planeta (ROCKSTROM *et al.*, 2007). Embora corresponda a boa parte dos sistemas agrícolas mundiais, o regime de sequeiro encontra-se amplamente influenciado pela sazonalidade das chuvas (MARUMBWA; CHO; CHIRWA, 2019; MBANYELE *et al.*, 2021; OLIVEIRA *et al.*, 2021; BAL *et al.*, 2022; BALTACI; ARSLAN, 2022; NOGUEIRA *et al.*, 2023).

No Brasil, a agricultura de sequeiro representa cerca de 68 milhões de hectares de área colhida e os principais cultivos são de soja, milho, cana, feijão, mandioca e café. No entanto a precipitação se torna insuficiente para o desenvolvimento pleno das culturas, onde verifica-se um déficit hídrico de 37%. No Nordeste, a falta de água se intensifica para 57% devido as condições climáticas e a escassez hídrica da região, segundo a Agência Nacional de Águas (ANA) e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2020).

O nordeste brasileiro possui 72% do seu território com clima semiárido (SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE - SUDENE, 2017). O semiárido está presente em quase todos os continentes do mundo, sendo zonas com poucos habitantes, salvo exceção para o semiárido do Brasil, conforme a Food and Agriculture Organization of United States – FAO (2019).

O semiárido brasileiro apresenta 1.262 municípios distribuídos em 1.128.697 km², a cidade para ser incluída na delimitação política necessita enquadrar-se em um dos seguintes critérios: precipitação média anual igual ou inferior a 800 mm; índice de aridez igual ou inferior a 0,5; e percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60% (SUDENE, 2017).

A instabilidade pluviométrica mostra-se acentuada nestas regiões, o cenário hídrico apresenta de anos secos a chuvosos e tal fato torna-se um gargalo para o desenvolvimento das atividades agropecuárias (SAKAMOTO *et al.*, 2015; VASCONCELOS *et al.*, 2019; ROCHA *et al.*, 2020). Todavia, embora o volume anual precipitado seja importante, os anos chuvosos não apresentam os melhores rendimentos agrícolas, no qual a adequada distribuição temporal das chuvas é imprescindível para o êxito da agricultura pois reduz os períodos de estiagem (COSTA FILHO, 2019; ROCHA *et al.*, 2021).

Os veranicos afetam a água disponível no solo de modo que quanto maior a durabilidade dos fenômenos menor é a umidade, a falta de água gera interferências nas atividades metabólicas da planta e no seu potencial produtivo (FERNANDES *et al.*, 2015).

Dado a importância da agricultura de sequeiro e o efeito da variabilidade pluviométrica na atividade, diversos trabalhos foram desenvolvidos sobre o assunto com o objetivo de estudar os padrões dos veranicos e identificar os locais mais vulneráveis no Estado do Ceará (FERNANDES, 2014; OLIVEIRA *et al.*, 2015; ROCHA *et al.*, 2021).

Ainda como agravante, de acordo com pesquisas desenvolvidas, a tendência é que a situação climatológica no semiárido se torne mais intensa com o aumento de anos secos (COSTA; SILVA, 2017; SANTOS; MENDES; CRUZ, 2020), elevação de temperaturas (MATEUS *et al.*, 2015) e incremento do número de veranicos (FERREIRA *et al.*, 2018).

Sendo assim, uma alternativa para mitigar os efeitos dos veranicos e possibilitar a produção de alimentos frente a este cenário se faz através da adoção de um sistema de produção com práticas agrícolas sustentáveis que colaborem para conservar a água no solo e reduza os efeitos da estiagem. Também se torna importante o uso de culturas adaptadas as condições secas.

O feijão-caupi demonstra características apropriadas para a região semiárida, a cultura apresenta ciclo curto associado a necessidade hídrica entre 300 e 450 mm ciclo⁻¹. Além disso a leguminosa é adaptada a diferentes tipos e fertilidades de solos (MARTINS; MARTINS; BORGES, 2017; OLIVEIRA *et al.*, 2017). À medida que o uso do feijão associado a técnicas de manejo como adubação orgânica e cobertura morta podem demonstrar resultados positivos na garantia do sucesso da agricultura (LIAO *et al.*, 2021; LIU *et al.*, 2021).

Portanto, o estudo dos veranicos em regiões semiáridas é imprescindível para o entendimento dos padrões dos fenômenos conforme as variações pluviométricas, de modo a fundamentar a escolha do melhor sistema de produção agrícola, e a partir disso, minorar os impactos da estiagem na retenção de água no solo e na produtividade do feijão-caupi.

2 HIPÓTESES E OBJETIVOS

2.1 Hipóteses

O regime hídrico anual afeta a quantidade e duração dos veranicos e a produtividade de feijão-caupi.

O sistema de produção com manejo conservacionista (cobertura morta e adubação orgânica) mitiga os efeitos da estiagem e melhora os rendimentos do feijão-caupi sob diferentes regimes pluviométricos.

2.2 Objetivos

2.2.1 Gerais

Compreender a ocorrência e a espacialização de veranicos em região semiárida e desenvolver estratégias sustentáveis de manejo agrícola para atenuar o déficit hídrico conforme o cenário pluviométrico anual.

2.2.2 Específicos

- a) Agrupar e espacializar a precipitação em anos muito secos, secos, normais, chuvosos e muito chuvosos;
- b) Determinar e espacializar a quantidade e intensidade dos veranicos em cada regime pluviométrico;
- c) Espacializar a produtividade do feijão-caupi conforme os cenários hídricos;
- d) Avaliar os efeitos da precipitação e estiagem na cultura do feijão;
- e) Analisar a umidade do solo frente ao uso de práticas conservacionistas;
- f) Quantificar variáveis de produção do feijão (comprimento médio da vagem, número de grãos por vagem, número de vagens por planta, peso de 100 sementes e produtividade).

3 REVISÃO DE LITERATURA

Esta revisão de literatura foi dividida em 8 seções: I) Semiárido mundial e brasileiro; II) Regime pluviométrico no semiárido; III) Regime sequeiro; IV) Veranicos na agricultura; V) Umidade do solo; VI) Cobertura morta; VII) Adubação orgânica; VIII) Feijão (*Vigna unguiculata*).

3.1 Semiárido mundial e brasileiro

As regiões semiáridas e áridas no mundo correspondem a 1/3 de toda a área terrestre do planeta, abrigando 1/6 da população mundial (MATALLO JUNIOR, 2001). A área semiárida global é equivalente a 2,2 bilhões de hectares (ha), ou seja, cerca de 15% da superfície da terra. Existe dois tipos de clima semiárido: o semiárido quente incidente em praticamente todos os continentes, com exceção da Europa e o semiárido frio presente principalmente na Ásia (SANTOS *et al.*, 2013a; FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS, 2019).

O semiárido está em diversos países e para garantir a produção de alimentos de modo a suprir a demanda populacional, estudos relacionando o clima e as atividades agrícolas foram realizados em países como a África (SITHOLE; MAGWAZA, 2019), Argentina (SCHMIDT; VILLAMIL; AMIOTTI, 2018), Brasil (MARTINS, 2017), China (LAMPTEY *et al.*, 2020), Tunísia (MOUSSA-MACHRAQUI *et al.*, 2010), Espanha (BLANCO-MOURE *et al.*, 2016), Irã (CHAGHAZARDI *et al.*, 2016), Itália (FILION *et al.*, 2016) e Etiópia (ARAYA *et al.*, 2016).

As regiões com maiores áreas semiáridas são: América do Norte, Central e Caribe (17%), Ásia Central e Oriental (15%), Oceania (14%) e América do Sul (11%). As zonas semiáridas são definidas de acordo com o Índice de Aridez de Thornthwaite (IA) que utiliza a precipitação média e a evapotranspiração potencial da região, para a localidade ser considerada semiárida o índice necessita apresentar valores de 0,21 a 0,5 (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED STATES, 2019).

Quando comparado as regiões semiáridas do mundo, o semiárido brasileiro apresenta o maior índice pluviométrico e a maior população (MONTENEGRO; MONTENEGRO, 2012). Aproximadamente 27 milhões de pessoas, 15% da população brasileira (SUDENE, 2017). No semiárido brasileiro há no máximo 90 dias de chuvas por ano, portanto toda a precipitação anual é distribuída nesse período (SILVA *et al.*, 2011)

O semiárido no Brasil é constituído por 1.262 municípios em uma área de 1,1 milhões de km², com a maior extensão na região Nordeste e uma parte em Minas Gerais. Em ordem decrescente da quantidade de municípios, os estados que compõem são: Bahia – BA, Paraíba – PB, Piauí – PI, Ceará – CE, Rio Grande do Norte – RN, Pernambuco – PE, Minas Gerais – MG, Alagoas – AL, Sergipe – SE e Maranhão – MA. No Ceará há 175 municípios e uma área de 146 mil km² com 5,8 milhões de habitantes (SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE, 2017).

No que diz respeito ao âmbito político, o semiárido brasileiro (antigo polígono das secas) é uma delimitação dos municípios que passam por problemas de escassez de água e necessitam de recursos do governo para a adoção de medidas que garantam a sobrevivência dos habitantes. Em breve histórico, durante o ano de 1989, surgiu o primeiro critério para a delimitação do semiárido: precipitação média anual igual ou inferior a 800 milímetros (mm). Em 2004, foram adicionados mais dois critérios: Índice de Aridez de Thornthwaite até 0,50 e risco de seca maior que 60%. O município precisa se encaixar em apenas uma regra e aproximadamente a cada dez anos, devido as mudanças climáticas a delimitação passa por revisões (SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE, 2017).

Em relação ao clima, o país apresenta quatro tipos diferentes de semiárido quente: o primeiro com seis meses de estação seca, comum no estado do PI e leste do MA; o segundo de sete a oito meses de seca, recorrente nos sertões da BA, CE, PB, PE, RN e SE; o terceiro com nove a dez meses secos, ocorrendo em sertões da BA, PE, PB e RN; e o quarto com onze meses de estação seca, incidente nos sertões da BA e PB (SANTOS *et al.*, 2013a). Portanto, o ano tem duas estações bem definidas: chuvosa e seca, no que concerne à quadra chuvosa, as precipitações ocorrem concentradas em poucos meses do ano.

Além disso, na região verifica-se a presença de variabilidade interanual, no qual anos secos são intercalados por anos chuvosos e normais. A seca é um fenômeno natural, o déficit hídrico é resultante da baixa pluviometria anual e elevada demanda hídrica, o evento é subdividido em seca meteorológica, efetiva, hidrológica e agrícola (ANDRADE, 2017; BRITO *et al.*, 2018).

O fenômeno de estiagem é intensificado quando acontece anomalias com a Zona de Convergência Intertropical – ZCIT, favorecendo o seu transporte para outros lugares (MARENGO *et al.*, 2018). A ZCIT é o principal fenômeno atmosférico responsável pela estação chuvosa (MARENGO *et al.*, 2011).

No semiárido há características típicas em relação ao clima, relevo, solo, vegetação e economia. No aspecto meteorológico, a temperatura média varia de 23 a 28°C e a máxima

40°C, umidade relativa (UR) 50%, insolação 2.800 horas ano⁻¹, evapotranspiração potencial (Etp) de 2.000 mm ano⁻¹ e precipitação média de 550 a 750 mm ano⁻¹ (MARENGO *et al.*, 2011; SANTOS *et al.*, 2013a; ANDRADE, 2017).

Na geologia há predomínio de rochas cristalinas na maior parte do território, com poucas áreas sedimentares, dificultando a exploração de água subterrânea (MONTENEGRO; MONTENEGRO, 2012). O relevo é plano a suave ondulado com altitude média de 400 a 500 metros (m) (SANTOS *et al.*, 2013a).

As principais classes de solo presentes são: latossolos, neossolos litólicos, argissolos, luvisolos órticos crômicos, neossolos quartzarênicos e planossolos háplicos. Normalmente o solo apresenta atributos químicos adequados para o crescimento vegetal, todavia as características físicas são limitantes, ou seja, solos rasos, pedregosos e com afloramento rochoso (ARAÚJO FILHO, 2013).

Sobre a vegetação, segundo Araújo Filho (2013) e Andrade (2017), o Bioma Caatinga é presente em 86% do semiárido brasileiro, caracterizado pelo domínio de espécies endêmicas com mecanismos de adaptação ao clima, o bioma apresenta espécies hiperxerófilas com perdas de folhas durante a estação seca e retorno a produção foliar durante a estação chuvosa, e as plantas hipoxerófilas que continuam com uma parte das folhas durante o período seco.

A respeito da parte socioeconômica, as principais atividades desenvolvidas nas propriedades estão relacionadas a agricultura, segundo o Censo Agropecuário (2017) há 1,8 milhões de propriedades rurais no semiárido e apenas 200.262 mil unidades utilizam irrigação nos sistemas de cultivo, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2017). Sendo assim, a maior parte dos estabelecimentos rurais praticam a agricultura de sequeiro, ou seja, dependem do regime pluviométrico para obter sucesso no rendimento das culturas.

3.2 Regime pluviométrico no semiárido

O semiárido brasileiro manifesta grande instabilidade pluviométrica, sendo uma das principais barreiras para o êxito das atividades agrícolas. O volume precipitado e a sua distribuição no tempo e espaço vêm a ser elementos fundamentais para ditar o sucesso ou insucesso das atividades agropecuárias (COSTA FILHO, 2019).

A instabilidade das chuvas no semiárido relaciona-se com os seguintes fenômenos atmosféricos: Zona de Convergência Intertropical, Temperatura da superfície do mar (TSM) do Atlântico norte e sul, e o sistema de alta pressão do atlântico norte (AAN) e sul (AAS). Quando

a TSM do Atlântico Norte está mais fria, a AAN e os ventos alísios do Nordeste se fortalecem, caso a TSM do Atlântico Sul esteja mais quente, a AAS e os ventos alísios do Sudeste perdem a intensidade, colaborando para a descida da ZCIT para a posição Sul, favorecendo o acontecimento de anos normais, chuvosos e muito chuvosos. De modo contrário com a água do Atlântico Norte mais quente e do Atlântico Sul mais fria, a ZCIT apresenta tendência de ir para o Norte, ocasionando anos secos e muito secos (MOURA *et al.*, 2019).

A variação do regime pluviométrico afeta a produção das culturas, principalmente dos agricultores que dispõem poucos meios tecnológicos, nessa condição o produtor encontra-se submetido a precipitação e sua inconstância (LEMOS; FERREIRA; BOTELHO, 2016).

Lemos e Bezerra (2019), utilizaram dados pluviométricos de 1947 a 2017 do Ceará e encontraram alto coeficiente de variação (CV) de chuvas (34%), comprovando a elevada variabilidade pluviométrica da região, e classificaram os anos de precipitação no Ceará em três tipos: estiagem variando de 309,1 mm a 656,1 mm com média de 533,06 mm; normalidade oscilando de 656,1 a 927,7 mm com valor médio de 774,82 mm; e chuvoso alternando entre 927,7 e 1.888 mm com mediana de 1120 mm. Em 71 anos estudados observaram 26 anos de estiagem, 24 anos de normalidade e 21 anos chuvosos, representando 36,6%, 33,8% e 29,6% do total, respectivamente, observando a ocorrência maior de anos com estiagem no Ceará.

Lessa (2019) no estudo sobre o impacto da variação pluviométrica na agricultura, observou o efeito da variabilidade hídrica na cultura do feijão no município de Miraíma, Ceará. Em anos secos (453,3 mm) houve redução de 43,7% da área colhida e 53,9% na produtividade do feijão quando comparado com anos normais (795 mm). Além disso, em anos chuvosos (1221,4 mm) também houve diminuição de 54,4% da área colhida e 4% da produtividade quando equiparado a anos normais. No estudo, o melhor rendimento da cultura situou-se nos anos normais, com área de 1806,7 hectares e produtividade de 362,72 kg ha⁻¹.

Portanto, a alta pluviometria não é garantia de alta produção porque durante a quadra chuvosa pode acontecer outros eventos climatológicos prejudiciais ao crescimento vegetal. Então além da precipitação total se faz necessário o estudo da variabilidade de chuvas durante a quadra chuvosa (MARENGO *et al.*, 2011). Sakamoto *et al.* (2015) correlacionaram anos secos, normais e chuvosos com a perda de produção e verificaram que a distribuição regular das chuvas se torna mais importante do que o total precipitado anual para o rendimento das culturas.

3.3 Regime de sequeiro

A água é um elemento de suma importância para a agricultura e o semiárido apresenta restrições em relação aos recursos hídricos. Devido às limitações de acesso a água, a maioria dos agricultores utiliza o regime de sequeiro, realizando o plantio das culturas temporárias durante o período chuvoso (PINHEIRO, 2019). A agricultura em regime de sequeiro demonstra vulnerabilidades devido a dependência dos recursos naturais, no entanto a atividade apresenta grande significância para as zonas rurais, fornecendo trabalho para a população e garantindo a segurança alimentar das famílias (PEREIRA, 2018).

Este modo de produção se desenvolve em várias partes do mundo, como China (LI *et al.*, 2021b), Etiópia (MOGES; BHAT, 2021), Senegal (TOUNKARA *et al.*, 2020) e Brasil (VASCONCELOS *et al.*, 2019). Em escala mundial, 60% das áreas cultivadas adotam o sistema de sequeiro, sendo responsável por 80% dos alimentos produzidos no planeta (ROCKSTROM *et al.*, 2007).

No Brasil, a agricultura de sequeiro representa cerca de 68 milhões de hectares de área colhida e as principais culturas utilizadas são soja, milho, cana, feijão, mandioca e café. Em média, o uso da água pela agricultura de sequeiro corresponde a $8.129 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ enquanto a demanda hídrica equivale a $12.800 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, ou seja, no país verifica-se déficit hídrico de 37%. No Nordeste, a falta de água na lavoura se intensifica, conforme as condições climáticas, a escassez hídrica amplia-se para 57%, segundo a Agência Nacional de Águas e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2020).

No Ceará, em uma avaliação de dados históricos (1987-2016) com o feijão (*Vigna unguiculata* L.Walp.), milho (*Zea mays* L.) e mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), as importantes culturas de subsistência apresentaram produção média de 359 mil toneladas (t), 144 mil t e 89 mil t, respectivamente. Em relação a produtividade a mandioca exibiu $683 \text{ mil t ha}^{-1}$, o feijão $604,33 \text{ t ha}^{-1}$ e o milho $273,37 \text{ t ha}^{-1}$ (VASCONCELOS *et al.*, 2019).

Em pesquisa sobre o regime de sequeiro no semiárido, Pereira (2018) constatou que nos anos de seca a redução do rendimento da cultura do milho pode chegar a uma tonelada, também se observou as maiores produções com precipitação anual entre 600 e 800 mm, e um declínio na produção em anos chuvosos com mais de 900 mm. Além do volume total de chuvas, a distribuição regular é fator preponderante para manter a umidade do solo e beneficiar o crescimento adequado das espécies (ROCHA *et al.*, 2021).

3.4 Veranicos na agricultura

Os veranicos são dias secos na estação chuvosa, uma variação climática natural que pode prejudicar o desenvolvimento vegetal, principalmente em cultivos de sequeiro. Os efeitos resultam dos seguintes fatores: duração dos veranicos, vegetação de cobertura da área e a cultura utilizada (MARTINS, 2017; RODRIGUES, 2016).

O fenômeno é observado e estudado em diversas localidades brasileiras, como o Nordeste semiárido, Centro Oeste e Sudeste (RODRIGUES, 2016; MARTINS, 2017; CUNNINGHAM, 2020; MAGALHÃES *et al.*, 2019). E ao redor do mundo, em países como a Alemanha, China e Índia (LI *et al.* 2021a; PATON, 2022; BAL *et al.* 2022).

A classificação dos veranicos depende da metodologia utilizada no estudo. Conforme Martins (2017), veranico consiste em cinco dias seguidos sem pluviometria ou com precipitação inferior a necessidade de irrigação da cultura ao longo da estação chuvosa. De acordo com Menezes, Brito e Lima (2010) os veranicos são considerados quando a precipitação é inferior a dois milímetros. Pertussatti (2013) utilizou três limiares para definir os veranicos, para a autora o fenômeno compreendia o período de dias subsequentes com precipitação igual ou inferior a 0, 5 e 10 milímetros.

Além da sua classificação, outro aspecto variável é o tempo de duração dos veranicos. Para Gong, Wang e Han (2005) são agrupados em curtos (<10 dias) e longos (>10 dias). Martins (2017) definiu como curtos (5-10 dias), médios (11-15 dias) e longos (>15 dias). Pertussatti (2013) categorizou os eventos em três classes: 1 a 5 dias; 6 a 10 dias; e superior a 11 dias.

A duração do fenômeno se torna importante pois interfere no rendimento agrícola. Rodrigues (2016) observou ligação entre veranicos e produtividade agrícola, a correlação foi positiva entre rendimento e veranicos de curta duração (5 a 10 dias) e negativa com veranicos de longa duração (> 15 dias). Ainda segundo o autor, a cultura do milho foi a mais impactada pelos eventos pois apresenta maior necessidade hídrica quando comparado com o feijão.

Os trabalhos sobre os veranicos são importantes para identificar as regiões mais afetadas e auxiliar na confecção de planos que amenizam os efeitos da estiagem (OLIVEIRA *et al.*, 2015). Modelos matemáticos e estatísticos são utilizados para estudos e projeções dessa variável climática, associando os impactos sociais, econômicos e ambientais (PERTUSSATI, 2013; MAGALHÃES *et al.*, 2019).

Em pesquisas desenvolvidas anteriormente verificou-se que o clima e o nível de preservação ambiental podem reduzir ou ampliar o impacto do fenômeno. Ratan e Venugopal

(2013) estudaram regiões úmidas, áridas e semiáridas, os locais secos apresentaram maior quantidade de dias sem chuva e menor quantidade de dias com chuva, nas regiões úmidas os períodos chuvosos duravam de dois a quatro dias e na área seca apenas um dia.

Martins (2017) observou veranicos de menores durações em regiões com caatinga preservada e veranicos de maiores durações em locais com vegetação degradada. Conseqüentemente, o autor verificou a maior produção de milho em locais envoltos de vegetação conservada em comparação com a caatinga degradada.

Em estudo sobre o estado do Ceará, segundo Oliveira *et al.* (2015), em mais da metade do estado os veranicos mais comuns duram de cinco a dez dias. Com destaque para as localidades de Inhamuns, Sertão Central e Jaguaribana com duração maior do que quinze dias. Além disso, Campos Sales foi a região com maiores riscos por exibir elevada frequência de veranicos longos (>15 dias). Os efeitos dos veranicos na agricultura são minimizados com a adoção de medidas conservacionistas, sendo necessário a escolha de técnicas que favoreçam a infiltração e retenção de umidade no perfil (FERNANDES *et al.*, 2015).

3.5 Umidade do solo

O solo consiste em um corpo natural, tridimensional e trifásico, constituído por elementos sólidos, líquidos e gasosos. A parte sólida é composta por partículas minerais e orgânicas. A fase líquida diz respeito a solução do solo, onde partículas sólidas de tamanho coloidal encontram-se dispersas na água do solo. Por fim, a fração gasosa é formada pelos gases produzidos e utilizados por raízes e organismos aeróbicos presentes no ambiente (NOVAIS; MELLO, 2007; SANTOS *et al.*, 2013b).

Para Libardi (2010) o solo compõe-se por um aglomerado de partículas sólidas com espaços porosos interligados. Enquanto a fase sólida é a única que não se altera, as frações líquidas e gasosas encontram-se nos espaços porosos e modificam-se de acordo com o manejo e as condições meteorológicas. Quando o solo se apresenta completamente seco exibe apenas a fração sólida e gasosa. Enquanto em um solo totalmente saturado ocorre a presença somente da porção sólida e líquida (FERREIRA, 2010).

A porosidade do solo afeta a sua quantidade de água então perfis mais porosos apresentam maior capacidade de armazenar água. A umidade do solo é quantificada baseando-se em massa ou volume. O conteúdo de água à base de água é definida como a razão entre a massa de água e a massa de sólidos da amostra. Enquanto o conteúdo de água volumétrico

consiste no valor do volume de água existente no volume total da amostra de solo (EMBRAPA, 1997; LIBARDI, 2010).

O conteúdo de água no solo torna-se primordial pois as relações solo-água-planta se alteram conforme o teor de umidade, sendo denominado três importantes estágios de disponibilidade hídrica: capacidade máxima de retenção de água; capacidade de campo (CC); e ponto de murcha permanente (PMP) (LIER, 2010).

O solo com a capacidade máxima de retenção de água apresenta todos os poros preenchidos por água, com altas taxas de drenagem, tornando a água rapidamente indisponível para as plantas, este estado perdura enquanto acontecer o processo de infiltração. Posteriormente, a capacidade de campo consiste na fase no qual a perda de água por drenagem torna-se desprezível, normalmente ocorre de 2 a 3 dias após parar a infiltração (COOPER; MAZZA, 2016; SOUSA; ASSUNÇÃO, 2021).

Por fim, considerando que a planta absorve água por meio de diferença de potencial (local de maior potencial para o de menor potencial), se não houver reposição hídrica ao solo, o conteúdo de água tende a reduzir até o momento no qual a planta apresentará maior potencial do que o solo e assim a absorção de água pelas raízes torna-se impossível. Diante as circunstâncias, a espécie vegetal entra em colapso e alcança o ponto de murcha permanente, sendo um estado irreversível (FERREIRA *et al.*, 2020).

A água disponível para as plantas encontra-se entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente. A quantidade de água disponível no solo depende do potencial matricial, cultura utilizada, textura do solo e matéria orgânica (COELHO *et al.*, 2014; LIMA; CORRÊA, 2021; TORRES *et al.*, 2021). Além destes fatores, o manejo adotado afeta o teor de umidade do solo e conseqüentemente o desenvolvimento das culturas (CARVALHO *et al.*, 2021).

A viabilidade do cultivo a longo prazo em zonas secas do mundo, que sofrem com períodos de estiagem, depende da adoção de medidas sustentáveis como plantio direto, cobertura morta e adubação orgânica (HAO *et al.*, 2020). O manejo conservacionista deve incluir mais de uma prática para resultados otimizados. Fernandes *et al.* (2015) avaliaram o uso de cobertura morta e adubação orgânica no plantio do feijão (*Vigna unguiculata*) e obtiveram os melhores resultados para o armazenamento de água no solo, além do que o tratamento demonstrou maior resiliência ao passar por períodos secos.

3.6 Cobertura morta

A cobertura morta consiste na formação de uma camada física sob o solo, de modo a diminuir a interação solo-atmosfera e a troca de água e energia. A prática apresenta como benefícios a proteção do solo contra os processos erosivos (LIAO *et al.*, 2021), atenuação do déficit hídrico (SOUZA *et al.*, 2016), redução das perdas de água por evaporação (LI *et al.*, 2021b) e diminuição da temperatura do solo (LI *et al.*, 2021c).

Enquanto o solo nu contém contato direto com a atmosfera e os processos hidrológicos (precipitação/evaporação), o solo com cobertura apresenta o impedimento físico reduzindo a evaporação e aumentando a umidade a partir do escoamento da água do material (SOUZA; JHA; CALABRESE, 2022).

O tipo de matéria prima utilizada depende da disponibilidade na região de cultivo, podendo ser filme plástico de polietileno transparente (LAMPTEY *et al.*, 2020), filme plástico preto (WANG *et al.*, 2020) e restos culturais (KUROTHE *et al.*, 2014). A vantagem do uso de material de origem orgânica é a redução da poluição ambiental e o aumento do aporte de matéria orgânica no solo (LIAO *et al.*, 2021).

Considerando a necessidade de conservar a água da precipitação, a cobertura morta é bastante difundida na agricultura em regiões áridas e semiáridas do mundo (KUROTHE *et al.*, 2014; WANG *et al.*, 2020). O solo com cobertura apresenta atenuação do estresse hídrico provocado por períodos de estiagem (veranicos), influenciando na manutenção da umidade do solo e nos rendimentos agrícolas (LI *et al.*, 2021b; WANG *et al.*, 2022). Devido à alta taxa de decomposição recomenda-se aplicar a cobertura morta em parcelas, primeiramente no plantio para estabelecimento da plântula e posteriormente na fase reprodutiva (MBANYELE *et al.*, 2021)

O desempenho do manejo depende de alguns fatores como tipo de material (TORRES *et al.*, 2020), espessura da camada de cobertura (TUURE *et al.*, 2021) e precipitação pluviométrica (MBANYELE *et al.*, 2021). Para Wang *et al.* (2022) o efeito da cobertura morta torna-se mais expressivo na produtividade em anos considerados secos do que em anos chuvosos.

Em estudo sobre o assunto, Tuure *et al.* (2021) monitoraram a umidade do solo em área coberta com restos culturais do milho e solo descoberto, no semiárido do Quênia. Os pesquisadores obtiveram redução na taxa de secagem do solo coberto após eventos pluviométricos, durante os 100 dias monitorados, o solo com cobertura morta obteve 41 dias sem estresse hídrico, apresentando 46% de superioridade em comparação ao tratamento com

solo nu. Além do uso de cobertura morta, a adubação mostrou-se efetiva para reduzir os impactos dos veranicos e garantir o desenvolvimento pleno de culturas como o milho e feijão (SOUSA *et al.*, 2019; MBANYELE *et al.*, 2021).

3.7 Adubação orgânica

Na agricultura, existem diversos insumos orgânicos usados como fertilizante (esterco animal, restos vegetais e adubos verdes). A composição dos adubos orgânicos depende da origem do material, tipo de animal, dieta alimentar e concentração de dejetos. Considerando todos esses aspectos se faz necessário a realização de análises laboratoriais para a estimativa da concentração dos nutrientes presentes na substância, segundo a Comissão de Química e Fertilidade do Solo do RS/SC – CQFS (2004).

A fim de determinar a composição dos adubos orgânicos realiza-se a análise de nutrientes e elementos como umidade, pH, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobalto, cobre, zinco, ferro, manganês e molibdênio (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2017).

Dependendo da composição, os compostos orgânicos apresentam variáveis taxas de disponibilização de nutrientes ao solo, materiais com altas quantidades de fibras e lignina expõem maior relação Carbono/Nitrogênio e menores taxas de mineralização dos nutrientes, portanto a decomposição e liberação dos componentes químicos acontece vagarosamente (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 2004).

De maneira geral, os adubos orgânicos são utilizados em grande quantidade devido à baixa fração de nutrientes disponíveis. Além do suprimento de elementos essenciais a planta, a fertilização orgânica também melhora a agregação do solo e conseqüentemente aumenta a aeração, drenagem, retenção de água, ação microbiana e capacidade de troca de cátions (CTC) (ALCARDE, 2007; HAO *et al.* 2020; LIU *et al.* 2021).

Fortalecendo os estudos a respeito da adubação orgânica, Wang *et al.* (2017) desenvolveram uma pesquisa, no semiárido da China, durante quatro anos, avaliando os efeitos da fertilização orgânica em atributos do solo e variáveis produtivas do milho. Os autores obtiveram nos tratamentos com adubação orgânica redução da densidade do solo, incremento de nitrogênio (N), fósforo (P) e matéria orgânica do solo (MOS) e ampliação da infiltração e retenção de água no solo.

Ainda no estudo de Wang *et al.* (2017) a adubação orgânica somente apresentou efeitos positivos quando utilizada de maneira contínua, ou seja, ao longo de vários ciclos.

Segundo Silva *et al.* (2019) a eficiência da adubação correlaciona-se com a disponibilidade hídrica, em baixas quantidades de água o uso de fertilizante orgânico causa impactos negativos para as variáveis produtivas do feijão-caupi.

3.8 Feijão (*Vigna unguiculata* L. Walp)

O *Vigna unguiculata* é um tipo de feijão muito produzido e consumido no Brasil, a espécie contém grande importância nutricional na alimentação dos brasileiros, representando uma fonte de energia, fibras e minerais. A leguminosa origina-se do continente africano e a sua introdução no Brasil ocorreu por meio dos colonizadores. O primeiro estado a cultivar o feijão foi a Bahia, mas logo a cultura se disseminou por todo o território nacional e desenvolveu nomes populares. Conforme a região o *Vigna unguiculata* pode ser conhecido como feijão-caupi, feijão-de-corda, feijão-fradinho, feijão-miúdo e feijão-macassar (ANDRADE JUNIOR *et al.* 2002; FROTA; SOARES; ARÊAS, 2008; FREIRE FILHO *et al.* 2017).

O feijão-caupi apresenta notável relevância social e garante a soberania alimentar dos agricultores no semiárido. Conforme os dados do Censo Agropecuário de 2017, o feijão é cultivado em 932 mil unidades rurais no Brasil e cerca de 85% das propriedades estão inseridas em área semiárida. Especificamente no semiárido do Ceará são 301 mil imóveis rurais que cultivam a cultura. Em relação a área colhida, o Brasil apresenta 928 mil hectares de feijão, sendo 663 mil hectares no semiárido brasileiro e 267 mil hectares no semiárido do Ceará. Em toda essa área a produção é de 458 mil t para o Brasil, 178 mil toneladas no semiárido brasileiro e 68 mil t no semiárido cearense (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2017).

Ainda de acordo com os dados do Censo agropecuário (2017), a quantidade de feijão vendida pelos agricultores: Brasil 286 mil t; semiárido brasileiro 46 mil t.; semiárido cearense 10 mil t. Com os dados apresentados na pesquisa observou-se que a cultura do feijão de corda é bastante difundida nas unidades produtoras do semiárido, principalmente para consumo familiar pois a parcela vendida é bastante inferior a porção colhida.

Logo um dos motivos do feijão de corda ser tão utilizado no semiárido brasileiro é a rusticidade da planta, adequando-se as condições edafoclimáticas da região. A temperatura ideal para desenvolvimento da cultura se encontra entre 18 e 34 °C. A necessidade hídrica varia de 300 a 450 mm ciclo⁻¹, por esse motivo a planta proporciona o cultivo mesmo em anos com pouca precipitação (OLIVEIRA *et al.* 2017).

Outro aspecto da espécie consiste na simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio (*Rhizobium*), os microrganismos fixam o nitrogênio do ar e fornecem para a planta enquanto a cultura produz açúcares para as bactérias, esse quesito garante o desenvolvimento do feijão em solos pobres quimicamente (ANDRADE JÚNIOR *et al.* 2002; FREITAS *et al.* 2014).

Em relação as características botânicas e agrônômicas, conforme Neves *et al.* (2011), as particularidades técnicas do feijão de corda como o porte, produtividade, ciclo, grupo comercial e resistência a pragas/doenças dependem da variedade utilizada. As cultivares produzidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) mais comuns no nordeste brasileiro são: BRS Paraguaçu; BRS Rouxinol; BRS Xiquexique; BRS Novaera; BRS Cauamé; BRS Aracê; BRS Marataoã; BRS Itaim; BRS Pajeú; BRS Juruá; BRS Potengi; BRS Tumucumaque.

Nas variedades citadas anteriormente, o grupo comercial pode ser branco, sempre-verde, verde, fradinho e mulato. O porte ereto, semiereto, prostado e semiprostado. Os ciclos variando de 60 até 80 dias e a produtividade entre 788 e 1618 kg ha⁻¹. A escolha de qual variedade utilizar depende do comércio local e das características ambientais (NEVES *et al.* 2011).

A fenologia do feijão é dividida em quatro partes, a duração depende da cultivar utilizada, para ciclos curtos: germinação 0-5 dias; fase vegetativa 6-40 dias; fase reprodutiva 41-56 dias; maturação/colheita de 57 até 77 dias (OLIVEIRA *et al.* 2017). O estágio de crescimento influencia a ocorrência de pragas e doenças.

Durante a germinação é comum a incidência da paquinha, pois o inseto se encontra no solo e ataca as raízes. Na fase vegetativa as pragas frequentes são: paquinha, lagarta elasmô, lagarta-rosca, larvas de vaquinhas, vaquinhas, lagartas desfolhadoras, cigarrinha, pulgão, mosca-branca e minador-das-folhas. No florescimento e reprodução da cultura os insetos que causam danos econômicos são: vaquinhas, pulgão, lagartas desfolhadoras, lagarta das vagens, mosca-branca, minador-das-folhas, percevejo e manhoso (SILVA; ATHAYDE SOBRINHO, 2019).

Para finalizar, na maturação/colheita as piores pragas são os percevejos, manhosos e pragas dos grãos armazenados. Além da presença de insetos-pragas, a planta em campo ainda pode ser acometida por doenças causadas por fungos, vírus e bactérias, as principais são: mosaico-dourado-do-feijão-caupi, tombamento, podridão-cinzenta-do-caule, mela e oídio (NEVES *et al.* 2011).

O modo de controle da maioria das doenças se faz por meio do manejo preventivo, com a utilização de sementes certificadas, cultivares resistentes, destruição de restos culturais,

rotação de culturas, eliminação de plantas daninhas e a não realização do plantio em solos encharcados e durante períodos secos (BLEICHER; SILVA, 2017). Portanto, o planejamento do cultivo de feijão em regime sequeiro torna-se importante para evitar doenças fitopatológicas e perdas de rendimento por déficit hídrico.

O plantio deve ser realizado objetivando evitar veranicos no florescimento e enchimento dos grãos pois a cultura apresenta maior requerimento hídrico. Além disso, a colheita não deve coincidir com o período chuvoso para agilizar a secagem das vagens e impedir os ataques de pragas aos grãos (OLIVEIRA *et al.* 2017; MENEZES JÚNIOR *et al.* 2017). Apesar dos esforços para um manejo correto e desenvolvimento pleno da cultura do feijão, ainda se faz necessário cuidar de todo o ecossistema onde a cultura está inserida, tornando o cultivo sustentável e adequado a fim de garantir as safras futuras.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS; INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Uso da água na agricultura de sequeiro no Brasil (2013-2017)**. Brasília: ANA, 2020.

ALCARDE, J. C. Fertilizantes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (org.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. Cap. XII, p. 737-768.

ANDRADE, E. M. A Floresta tropical seca, caatinga: as certezas e incertezas das águas. **Tordesillas Revista de Investigación Multidisciplinar**, [S.l.], v. 12, p. 11-20, 2017.

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; SANTOS, A. A.; SOBRINHO, C. A.; BASTOS, E. A.; MELO, F. B.; VIANA, F. M. P.; FREIRE FILHO, F. R.; CARNEIRO, J. S.; ROCHA, M. M.; CARDOSO, M. J.; SILVA, P. H. S.; RIBEIRO, V. Q. **Sistemas de Produção 2: Cultivo do Feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**. EMBRAPA Meio-Norte: Teresina, 2002.

ARAÚJO FILHO, J. **Manejo pastoril sustentável da caatinga**. Recife: Projeto Dom Helder Câmara, 2013.

ARAYA, T.; NYSSSEN, J.; GOVAERTS, B.; DECKERS, J.; SOMMER, R.; BAUER, H.; GEBREHIOWT, K.; CORNELIS, W. M. Seven years resource-conserving agriculture effect on soil quality and crop productivity in the Ethiopian drylands. **Soil & Tillage Research**, [S.l.], v. 163, p. 99-109, 2016.

BAL, S. K.; SANDEEP, V. M.; KUMAR, P. V.; RAO, A. V. M. S.; PRAMOD, V. P.; MANIKANDAN, N.; RAO, C. S.; SINGH, N. P.; BHASKAR, S. Assessing impact of dry spells on the principal rainfed crops in major dryland regions of India. **Agricultural and Forest Meteorology**, [S.l.], v. 313, p. 108768, 2022.

BALTACI, H.; ARSLAN, H. Seasonal and regional variability of wet and dry spell characteristics over Turkey. **Atmospheric Research**, [S.l.], v. 270, p. 106083, 2022

BLANCO-MOURE, N.; GRACIA, R.; BIELSA, A. C.; LÓPEZ, M. V. Soil organic matter fractions as affected by tillage and soil texture under semiarid Mediterranean conditions. **Soil & Tillage Research**, [S.l.], v. 155, p. 381-389, 2016.

BLEICHER, E.; SILVA, P. H. S. Manejo de Pragas. In: VALE, J. C.; BERTINI, C.; BORÉM, A. (org.) **Feijão-Caupi do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2017. Cap. 8, p. 171-203.

BRITO, S. S. B.; CUNHA, A. P. M.; CUNNINGHAM, C.C.; ALVALÁ, R. C.; MARENGO, J. A.; CARVALHO, M. A. Frequency, duration and severity of drought in the Semiarid Northeast Brazil region. **International Journal of Climatology**, [S.l.], v. 38, n. 2, p. 517-529, 2018.

CARVALHO, A. A.; MONTENEGRO, A. A. A.; SILVA, L. J. S.; COSTA, R. S.; ALMEIDA, G. C. Análise do crescimento fisiológico do sorgo irrigado com água residuária tratada associado com cobertura morta. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 14, n. 5, p. 4258-4270, 2021.

CHAGHAZARDI, H. R.; JAHANSOUZ, M. R.; AHMADI, A.; GORJI, M. Effects of tillage management on productivity of wheat and chickpea under cold, rainfed conditions in western Iran. **Soil & Tillage Research**, [S.l.], v. 162, p. 26-33, 2016.

COELHO, J. B. M.; BARROS, M. F. C.; BEZERRA NETO, E.; SOUZA, E. R. Ponto de murcha permanente fisiológico e potencial osmótico de feijão caupi cultivado em solos salinizados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, p. 708-713, 2014.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. RS/SC: SBSC, 2004.

COOPER, M.; MAZZA, J. A. **Água no solo: características e comportamento**. São Paulo: USP, 2016.

COSTA FILHO, J. **Efeitos da instabilidade pluviométrica sobre a previsão da produção de lavouras de sequeiro em áreas sujeitas à desertificação (ASD) no semiárido do estado do Ceará: casos de Irauçuba e Tauá**. 2019. 100 f. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

COSTA, J. A.; SILVA, D. F. Distribuição espaço-temporal do Índice de anomalia de chuva para o Estado do Ceará (Distribution space-temporal of rain anomaly index for the Ceará State). **Revista brasileira de geografia física**, Recife, v. 10, n. 4, p. 1002-1013, 2017.

CUNNINGHAM, C. Characterization Of Dry Spells In Southeastern Brasil During The Monsoon Season. **International Journal of Climatology**, [S.l.], v. 40, n.1, 2020.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.

FERNANDES, F. B. P. **Disponibilidade hídrica para a cultura do feijão-de-corda em função do manejo de solo no semiárido cearense**. 2014. 111 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

FERNANDES, F. B. P.; LACERDA, C. F.; ANDRADE, E. M.; NEVES, A. L. R.; SOUSA, C. H. C. Efeito de manejos do solo no déficit hídrico, trocas gasosas e rendimento do feijão-de-corda no semiárido. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, n. 3, p. 506-515, 2015.

FERREIRA, M. M. Caracterização física do solo. In: LIER, Q. J. (org.). **Física do Solo**. Viçosa – MG: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2010. Cap. I. p. 1-28.

FERREIRA, P. S.; SOUZA, W. M.; SILVA, J. F.; GOMES, V. P. Variabilidade espaço-temporal das tendências de precipitação na mesorregião sul Cearense e sua relação com as anomalias de TSM. **Revista brasileira de meteorologia**, Rio de Janeiro, v. 33, p. 141-152, 2018.

FERREIRA, R.; SOUZA, L. S.; NASCIMENTO, M. N.; SILVEIRA, F. G. F. Permanent wilt point from two methods for different combinations of citrus rootstock. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 50, 2020.

FILION, R.; BERNIER, M.; PANICONE, C.; CHOKMANI, K.; MELIS, M.; SODDU, A.; TALAZAC, M.; LAFORTUNE, F. Remote sensing for mapping soil moisture and drainage potential in semi-arid regions: Applications to the Campidano plain of Sardinia, Italy. **Science of the Total Environment**, [S.l.], v. 543, p. 862-876, 2016.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS. **Trees, forests and land use in drylands the first global assessment – Full report**. Rome: FAO Forestry, n. 184, 2019.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; RODRIGUES, J. E. L. F.; VIEIRA, P. F. M. J. A Cultura: Aspectos Socioeconômicos. In: VALE, J. C.; BERTINI, C.; BORÉM, A. (org.) **Feijão-Caupi do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2017. Cap. 1, p. 9-34.

FREITAS, R. M. O.; DOMBROSKI, J. L. D.; FREITAS, F. C. L.; NOGUEIRA, N. W.; PROCÓPIO, I. J. S. Crescimento de feijão-caupi sob efeito de veranico nos sistemas de plantio direto e convencional. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 2, 2014.

FROTA, K. M. G.; SOARES, R. A. M.; ARÊAS, J. A. G. Composição química do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp), cultivar BRS-Milênio. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 28, n. 2, p. 470-476, 2008.

GOBIN, A.; VYVER, H. Spatio-temporal variability of dry and wet spells and their influence on crop yields. **Agricultural and Forest Meteorology**, [S.l.], v. 308, p. 108565, 2021.

GONG, D. Y.; WANG, J. A.; HAN, H. Trends of summer dry spells in China during the late twentieth century. **Meteorology and Atmospheric Physics**, [S.l.], v. 88, n. 3-4, p. 203-214, 2005.

HAO, X.; HE, W.; LAM, S. K.; LI, P.; ZONG, Y.; ZHANG, D.; LI, F. Y. Enhancement of no-tillage, crop straw return and manure application on field organic matter content outweigh the adverse effects of climate change in the arid and semi-arid Northwest China. **Agricultural and Forest Meteorology**, [S.l.], v. 295, p. 108199, 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário 2017**. IBGE, 2017.

KUROTHE, R. S.; KUMAR, G.; SINGH, R.; SINGH, H. B.; TIWARY, S. P.; VISHWAKARMA, A. K.; SENA, D.R.; PANDE, V. C. Effect of tillage and cropping systems on runoff, soil loss and crop yields under semiarid rainfed agriculture in India. **Soil and Tillage Research**, [S.l.], v. 140, p. 126-134, 2014.

LAMPTEY, S.; LI, L.; XIE, J.; COUTER, J. A. Tillage system affects soil water and photosynthesis of plastic-mulched maize on the semiarid Loess Plateau of China. **Soil & Tillage Research**, [S.l.], v. 196, 2020.

LEMOS, J. J. S.; BEZERRA, F. N. R. Interferência da instabilidade pluviométrica na previsão da produção de grãos no semiárido do Ceará, Brasil. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 9, p. 15632-15652, 2019.

LEMOS, J. S. S.; FERREIRA, U. C. Q.; BOTELHO, D. C. Irregularidade pluviométrica impactando a agricultura familiar no semiárido do Nordeste: estudo de caso para o Ceará. In: Congresso Internacional de Diversidade do Semiárido, 1., 2016, Campina Grande. **Anais [...]**. Campina Grande: Realize Editora, 2016.

LESSA, L. C. R. **Instabilidade pluviométrica versus produção agrícola em áreas sujeitas a desertificação no semiárido cearense: os casos de Arneiroz e Miraíma**. 2019. 49 f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

LI, C.; GU, X.; BAI, W.; SLATER, L. J.; LI, J.; KONG, D.; LIU, J.; LI, Y. Asymmetric response of short-and long-duration dry spells to warming during the warm-rain season over Eastern monsoon China. **Journal of Hydrology**, [S.l.], v. 603, p. 127114, 2021a.

LI, R.; CHAI, S.; CHAI, Y.; LI, Y.; LAN, X.; MA, L.; CHENG, H.; CHANG, L. Mulching optimizes water consumption characteristics and improves crop water productivity on the semi-arid Loess Plateau of China. **Agricultural Water Management**, [S.l.], v. 254, p. 106965, 2021b.

LI, Y.; CHAI, S.; CHAI, Y.; LI, R.; LAN, X.; MA, J.; CHENG, H.; CHANG, L. Effects of mulching on soil temperature and yield of winter wheat in the semiarid rainfed area. **Field Crops Research**, [S.l.], v. 271, p. 108244, 2021c.

LIAO, Y.; CAO, H.; LIU, X.; LI, H.; HU, Q.; XUE, W. By increasing infiltration and reducing evaporation, mulching can improve the soil water environment and apple yield of orchards in semiarid areas. **Agricultural Water Management**, [S.l.], v. 253, p. 106936, 2021.

LIBARDI, P. L. Água no solo. In: LIER, Q. J. (org.). **Física do Solo**. Viçosa – MG: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2010. Cap. III. p. 103-152.

LIER, Q. J. Disponibilidade de água às plantas. In: LIER, Q. J. (org.). **Física do Solo**. Viçosa – MG: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2010. Cap. 8. p. 283-298.

LIMA, T. P. M.; CORRÊA, R. S. Efeitos do uso de lodo de estações de tratamento de esgoto sobre a disponibilidade de água em um substrato minerado no Cerrado. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 26, p. 301-308, 2021.

LIU, J. G.; CHAE, H. G.; CHO, S. R.; SONG, H.; KIM, P. J.; JEONG, S. T. Long-term organic fertilizer substitution increases rice yield by improving soil properties and regulating soil bacteria. **Geoderma**, [S.l.], v. 404, p. 115287, 2021.

MAGALHÃES, A. J. S.; ALVES, J. M. B.; SILVA, E. M.; NUNES, F. T.; BARBOSA, A. C. B.; SANTOS, A. C. S.; SOMBRA, S. S. Veranicos no Brasil: Observações e Modelagens (CMIP5). **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v. 34, n. 4, p. 597-626, 2019.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; ALVALA, R. C. S.; CUNHA, A. P.; BRITO, S.; MORAES, O. L. L. Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 90, n. 2, p. 1973-1985, 2018.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; BESERRA, E. A.; LACERDA, F. F. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. In: MEDEIROS, S. S.; GHEYI, H. R.; GALVÃO, C. O.; PAZ, V. P. S (org.). **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. Cap. 13, p. 383-422.

MARTINS, G. S. **Relação entre o grau de conservação da cobertura vegetal e os veranicos agrícolas na bacia do alto Jaguaribe – Ceará**. 2017. 112 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

MARUMBWA, F. M.; CHO, M. A.; CHIRWA, P. W. Analysis of spatio-temporal rainfall trends across southern African biomes between 1981 and 2016. **Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C**, [S.l.], v. 114, p. 102808, 2019.

MATALLO JÚNIOR, H. **De l'article/du chapitre Indicateurs de desertificação: histórico e perspectivas**. [S.l.]: UNESCO, 2001.

MATEUS, A. E.; SILVA, D. F.; COSTA, I. M.; LOPES, J. R. F. Perspectivas em variáveis meteorológicas para o Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 8, n. 05, p. 1383-1392, 2015.

MBANYELE, V.; MTAMBANENGWE, F.; NEZOMBA, H.; GROOT, J. C. J.; MAPFUMO, P. Combinations of in-field moisture conservation and soil fertility management reduce effect of intra-seasonal dry spells on maize under semi-arid conditions. **Field Crops Research**, [S.l.], v. 270, p. 108218, 2021.

MENEZES, H. E. A.; BRITO, J. I. B.; LIMA, R. A. F. A. Veranico e a produção agrícola no Estado da Paraíba, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 2, p. 181-186, 2010.

MENEZES JÚNIOR, J. A. N.; ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; DO VALE, J. C.; BERTINI, C. H. C. M. Colheita. In: VALE, J. C.; BERTINI, C.; BORÉM, A. (org.) **Feijão-Caupi do plantio à colheita**, Viçosa, MG: Ed. UFV, 2017. Cap. 3, p. 52-69.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos**. Brasília: MAPA, 2017.

MARTINS, M. M.; MARTINS, S. C.; BORGES, W. L. Correção da acidez, adubação e fixação biológica. In: VALE, J. C.; BERTINI, C.; BORÉM, A. (org.) **Feijão-Caupi do plantio à colheita**, Viçosa, MG: Ed. UFV, 2017. Cap. 3, p. 52-69.

MOGES, D. M.; BHAT, H. G. Climate change and its implications for rainfed agriculture in Ethiopia. **Journal of Water and Climate Change**, [S.l.], v. 12, n. 4, p. 1229-1244, 2021.

- MONTENEGRO, A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Olhares sobre as políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido. In: GHEYI, H. R.; PAZ, V. P. S.; MEDEIROS, S. S.; GALVÃO, C. O. (org). **Recursos hídricos em regiões semiáridas**. Campina Grande–PB: Instituto Nacional do Semiárido, Cruz das Almas, BA, 2012. Cap. 1, p.2-24.
- MOURA, M. S. B.; SOBRINHO, J. E.; SILVA, T. G. F.; SOUZA, W. M. Aspectos meteorológicos do Semiárido brasileiro. In: XIMENES, L. F.; SILVA, M. S. L.; BRITO, L. T. L. (org.). **Tecnologias de convivência com o semiárido brasileiro**. Fortaleza – CE: Banco do Nordeste do Brasil, 2019, Cap. 2, p.85-104.
- MOUSSA-MACHRAOUI, S. B.; ERROUSSI, F.; BEN-HAMMOUDA, M.; NOUIRA, S. Comparative effects of conventional and no-tillage management on some soil properties under Mediterranean semi-arid conditions in northwestern Tunisia. **Soil & Tillage Research**, [S.l.], v. 106, n. 2, p. 247-253, 2010.
- NEVES, A.C.; CÂMARA, J. A. S.; CARDOSO, M. J.; SILVA, P. H. S.; SOBRINHO, C. A. Cultivo do Feijão-Caupi em Sistema Agrícola Familiar. **Circular Técnica**. EMBRAPA: Teresina, 2011.
- NOGUEIRA, D. B.; SILVA, A. O.; GIROLDO, A. B.; SILVA, A. P. N.; COSTA, B. R. S. Dry spells in a semi-arid region of Brazil and their influence on maize productivity. **Journal of Arid Environments**, [S.l.], v. 209, p. 104892, 2023.
- NOVAIS, R. F.; MELLO, J. W. V. Relação Solo-Planta. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J C. L. (org.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. Cap. IV, p. 133-204.
- OLIVEIRA, A. B.; MESQUITA, R. M.; GUIMARÃES, M. A.; LEMOS NETO, H. S.; SILVA, T. M. Exigências edafoclimáticas e ecofisiologia. In: VALE, J. C.; BERTINI, C.; BORÉM, A. (org.) **Feijão-Caupi do plantio à colheita**, Viçosa, MG: Ed. UFV, 2017. Cap. 3, p. 52-69.
- OLIVEIRA, B. C. C.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. F.; PEREIRA, C. R.; SOBRAL, B. S.; GOIS, G.; LYRA, G. B.; MACHADO, E. A.; CORREIA FILHO, W. L. F.; SOUZA, A. Spatiotemporal variation of dry spells in the State of Rio de Janeiro: Geospatialization and multivariate analysis. **Atmospheric Research**, [S.l.], v. 257, p. 105612, 2021
- OLIVEIRA, L. C.; ANDRADE, E. M.; CHAVES, L. C. G.; FERNANDES, F. B. P. Frequência e distribuição espacial de veranicos no estado do Ceará. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Naturais do Semiárido, 2., 2015, Quixadá. **Anais [...]**. Quixadá: MASSA, 2015.
- PATON, E. Intermittency analysis of dry spell magnitude and timing using different spell definitions. **Journal of Hydrology**, [S.l.], v. 608, 2022.
- PEREIRA, G. R. Correlação entre as Secas e as Perdas na Agricultura de Sequeiro no Semiárido Nordestino. In: Congresso Nacional da Diversidade do Semiárido, 1., 2018, Campina Grande. **Anais [...]**. Campina Grande: Realize Editora, 2018.

PERTUSSATI, C. A. **Veranicos no estado do Mato Grosso: análise da variabilidade de espaço-temporal e modelagem estatística**. 2013. 101 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

PINHEIRO, M. S. M. **Efeitos da instabilidade pluviométrica sobre a produção de lavouras de sequeiro no semiárido do Estado do Ceará: Casos de Limoeiro do Norte e Morada Nova**. 2019. 52f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso – Agronomia). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará – UFC, 2019.

RATAN, R.; VENUGOPAL, V. Wet and dry spell characteristics of global tropical rainfall. **Water Resources Research**, [S.l.], v. 49, n. 6, p. 3830-3841, 2013.

ROCHA, T. B. C.; VASCONCELOS JUNIOR, F. C.; SILVEIRA, C. S.; MARTINS, E. S. P. R.; GONÇALVES, S. T. N.; SILVA, E. M.; ALVES, J. M. B.; SAKAMOTO, M. S. Indicadores de Veranicos e de Distribuição de Chuva no Ceará e os Impactos na Agricultura de Sequeiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v.36, p. 579-589, 2021.

ROCHA, T. B. C.; VASCONCELOS JÚNIOR, F. C.; SILVEIRA, C. S.; MARTINS, E. S. P. R.; SILVA, R. F. V. Veranicos no Ceará e Aplicações para Agricultura de Sequeiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v. 35, p. 435-447, 2020.

ROCKSTROM, J.; HATIBU, N.; OWEIS, T. Y.; WANI, S.; BARRON, J.; BRUGGEMAN, A.; FARAHANI, J.; KARLBERG, L.; QIANG, Z. Managing water in rainfed agriculture. In.: MOLDEN, D. (org.). **Water for food, water for life a comprehensive assessment of water managment in agriculture**. Colombo: International Water Management Institute, 2007, cap. 8, p. 315.

RODRIGUES, I. B. **Análise dos veranicos e sustentabilidade à produção de milho e feijão nos Inhamuns – CE**. 2016. 150 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

SANTOS, A. P. S.; PEREZ-MARIN, A. M.; FORERO, L. F. U.; MOREIRA, J. M.; MEDEIROS, A. M. L.; LIMA, R. C. S. A.; BEZERRA, H. A.; BEZERRA, B. G.; SILVA, L. L. **O Semiárido brasileiro: riquezas, diversidades e saberes**. Campina Grande, PB: INSA, 2013a.

SANTOS, F. A.; MENDES, L. M. S.; CRUZ, M. L. B. Análise estatística dos anos secos e chuvosos da Sub-bacia Hidrográfica do rio Piracuruca, divisa entre os estados do Ceará e do Piauí, Brasil. **Revista GEOgrafias**, Belo Horizonte, v. 28, n. 1, p. 43-61, 2020

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. N. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: EMBRAPA, 2013b.

SAKAMOTO, M. S.; FERREIRA, A. G.; COSTA, A. C.; OLIVAS, E. S. Rainy season pattern and impacts on agriculture and water resources in Northeastern Brazil. In: ANDREU, J.; SOLERA, A.; PAREDES-ARQUIOLA, J.; HARO-MONTEAGUDOM, D.; LANEN, H. (org.). **Drought: Research and Science-Policy Interfacing**. CRC Press/Balkema, 2015. p. 49-55.

SCHMIDT, E. S.; VILLAMIL, M. B.; AMIOTTI, N. M. Soil quality under conservation practices on farm operations of the southern semiarid pampas region of Argentina. **Soil & Tillage Research**, [S.l.], v. 176, p. 85-94, 2018.

SILVA, P. H. S.; ATHAYDE SOBRINHO, C. **Guia prático de reconhecimento e controle das principais pragas do feijão-caupi**. Teresina: EMBRAPA MEIO NORTE, 2019.

SILVA, V. P. R.; PEREIRA, E. R. R.; AZEVEDO, P. V.; SOUSA, F. A. S.; SOUSA, I. F. Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 2, p. 131-138, 2011.

SILVA, W. C.; MOURA, J. C.; VIANA, I. E. T.; NOGUEIRA, A. S. P.; SILVA, T. M.; OLIVEIRA, A. B. Produtividade de feijão-caupi submetido a diferentes lâminas de irrigação com uso de biofertilizante. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 12, n. 6, p. 3028-3039, 2019.

SITHOLE, N. J.; MAGWAZA, L. S. Long-term changes of soil chemical characteristics and maize yield in no-till conservation agriculture in a semi-arid environment of South Africa. **Soil & Tillage Research**, [S.l.], v. 194, p. 104-317, 2019.

SOUSA, F. A.; ASSUNÇÃO, H. F. Capacidade de Armazenamento de Água no Solo (CAD) e Características Físicas dos Solos na Avaliação da Distribuição da Água das Chuvas na Alta Bacia do Ribeirão Santo Antônio. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 14, n. 06, p. 3635-3647, 2021.

SOUSA, J. T. M.; MOREIRA, L. G.; VIANA, T. V. A.; SOUSA, G. G.; FREITAS, A. G. S. CONSÓRCIO ENTRE FEIJÃO-CAUPI E CAPIM PANICUM MAXIMUM SOB SIMULAÇÕES DE VERÂNICOS ADUBADAS COM ESTERCO BOVINO. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Naturais do Semiárido, 4., 2019, Crato. **Anais [...]**. Crato: MASSA, 2019.

SOUZA, R.; JHA, A.; CALABRESE, S. Quantifying the hydrological impact of soil mulching across rainfall regimes and mulching layer thickness. **Journal of Hydrology**, [S.l.], v. 607, p. 127523, 2022.

SOUZA, T. M. A.; SOUZA, T. A.; SOLTO, L. S.; SÁ, F. V S.; PAIVA, E. P.; BRITO, M. E. B.; MESQUITA, E. F. Crescimento e trocas gasosas do feijão caupi cv. BRS pujante sob níveis de água disponível no solo e cobertura morta. **Irriga**, São Paulo, v. 21, n. 4, p. 796-805, 2016.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE. **Delimitação do Semiárido**. 2017.

TORRES, L. C.; KELLER, T.; LIMA, R. P.; TORMENA, C. A.; LIMA, H. V.; GIAROLA, N. F. B. Impacts of soil type and crop species on permanent wilting of plants. **Geoderma**, [S.l.], v. 384, p. 114798, 2021.

TORRES, W. L. V.; VIANA, T. V. A.; SOUSA, G. G.; PEREIRA FILHO, J. V.; GOMES, K. R.; AZEVEDO, B. M. Lâminas de irrigação e coberturas vegetais mortas no consórcio entre feijão-caupi e milho. **Research, Society and Development**, [S.l.], v. 9, n. 8, 2020.

TOUNKARA, A.; CLEMONT-DAUPHIN, C.; AFFHOLDER, F.; NDIAYE, S.; MASSE, D.; Cournac, L. Inorganic fertilizer use efficiency of millet crop increased with organic fertilizer application in rainfed agriculture on smallholdings in central Senegal. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [S.l.], v. 294, p. 106878, 2020.

TUURE, J.; RASANEN, M.; HAUTALA, M.; PELLIKKA, P.; MAKELA, P. S. A.; ALAKUKKU, L. Plant residue mulch increases measured and modelled soil moisture content in the effective root zone of maize in semi-arid Kenya. **Soil and Tillage Research**, [S.l.], v. 209, p. 104945, 2021.

VASCONCELOS, T. S.; MORAES, J. G. L.; ALVES, J. M. B.; JACINTO JÚNIOR, S. G.; OLIVEIRA, L. L. B.; SILVA, E. M.; SOUSA, G. G. Variabilidade Pluviométrica no Ceará e suas Relações com o Cultivo de Milho, Feijão-Caupi e Mandioca (1987-2016). **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v. 34, n. 3, p. 431-438, 2019.

WANG, H.; ZHANG, X.; ZHANG, G.; YU, X.; HUIZHI, H.; FANG, Y.; MA, Y.; LEI, K. Mulching coordinated the seasonal soil hydrothermal relationships and promoted maize productivity in a semi-arid rainfed area on the Loess Plateau. **Agricultural Water Management**, [S.l.], v. 263, p. 107448, 2022.

WANG, J.; GAO, X.; ZHOU, Y.; WU, P.; ZHAO, X. Impact of conservation practices on soil hydrothermal properties and crop water use efficiency in a dry agricultural region of the tibetan plateau. **Soil and Tillage Research**, [S.l.], v. 200, 2020.

WANG, X.; REN, Y.; ZHANG, S.; CHEN, Y.; WANG, N. Applications of organic manure increased maize (*Zea mays* L.) yield and water productivity in a semi-arid region. **Agricultural Water Management**, [S.l.], v. 187, p. 88-98, 2017.

4 FREQUÊNCIA DE VERANICOS NO CEARÁ E OS EFEITOS NA AGRICULTURA DE SEQUEIRO

RESUMO

A agricultura de sequeiro corresponde a um sistema de produção agrícola bastante adotado no semiárido brasileiro, todavia o clima da região se mostra inadequado por causa das constantes variações pluviométricas interanuais e intrasazonais. Logo, além do volume total precipitado, a distribuição regular das chuvas se torna essencial para o sucesso dos sistemas agrícolas. Visto que os aspectos climáticos são incontroláveis, o estudo do regime pluviométrico é importante para entender os padrões de duração e severidade dos veranicos frente a diferentes cenários hídricos, de modo a auxiliar na elaboração de ações que amenizem o efeito da estiagem na agricultura. Portanto, objetivou-se estudar os veranicos nos regimes pluviométricos e avaliar os efeitos na cultura do feijão. A área de estudo consiste no Estado do Ceará, separado por regiões pluviométricas homogêneas. Os dados de precipitação de 30 anos dos 184 municípios foram coletados na página da FUNCEME. Os cenários hídricos muito seco, seco, normal, chuvoso e muito chuvoso foram estabelecidos por meio da técnica dos Quantis. Para o dia seco considerou-se uma precipitação < 2 mm e o veranico como cinco dias secos consecutivos, no mínimo. Os veranicos foram classificados conforme a duração: V1: 5-10 dias; V2: 11-15 dias; V3: >15 dias. As informações de produtividade do feijão foram coletadas no acervo do IBGE. Com os dados foram confeccionados mapas por *Krigagem* Ordinária usando o software QGIS 3.16. O SPSS *Statistic* versão 23 foi adotado para realizar a análise de Kruskal-Wallis e o Coeficiente de Spearman. A normal climatológica foi de 837 mm ano^{-1} que variou de 619 a $1.204 \text{ mm ano}^{-1}$, no qual o Litoral de Fortaleza, Ibiapina e Maciço de Baturité se destacaram positivamente enquanto o Sertão Central e Inhamuns e Jaguaribana apresentaram as menores pluviometrias. Na quantidade de V1 vale destacar o cenário muito seco com maiores intensidades de veranicos no Litoral de Fortaleza, Litoral Norte (Granja), Ibiapaba e Cariri e as menores quantidades em partes do Sertão Central e do Inhamuns e Jaguaribana. O regime normal apresentou aumento de veranicos da porção norte para o sul do estado. Enquanto o ano muito chuvoso obteve fenômenos, principalmente no Sertão Central, Jaguaribana e Cariri, ao mesmo tempo que o Litoral e as regiões de serra (Ibiapaba e Maciço de Baturité) expressaram a menor quantidade de veranicos. Na classe V2 no regime muito seco as regiões mais afetadas foram o sul do Jaguaribe e norte e centro do Cariri e as menos prejudicadas foram o sudoeste e leste do Ceará, nos outros regimes observou-se o mesmo padrão com maior presença de

veranicos no sertão e menor ocorrência nas zonas litorâneas e serranas. Avaliando a espacialização dos veranicos V3 nos regimes muito seco, seco, normal e chuvoso observou-se que a região do Sertão Central e Inhamuns se mostrou favorável para a ocorrência de fenômenos > 15 dias. A produtividade de feijão no Ceará obteve média de $286 \pm 85 \text{ kg ha}^{-1}$, independente do cenário hídrico constatou-se que as menores produtividades do feijão-caupi se encontraram no Sertão Central e Inhamuns. Cabe salientar que esta região se encontra submetida ao baixo volume de chuvas e a alta presença de veranicos superiores a 15 dias. Por meio dos resultados foi possível constatar as áreas mais fragilizadas principalmente em anos extremos (muito secos e muito chuvosos), onde se torna essencial a implementação e difusão de medidas conservacionistas de água e solo entre os produtores com a finalidade de evitar as perdas de produção por excesso ou insuficiência hídrica.

Palavras-chave: dias secos. estiagem. feijão-caupi.

4 FREQUENCY OF DRY SPELLS IN CEARÁ AND THE EFFECTS ON RAINFED AGRICULTURE

ABSTRACT

Rainfed agriculture corresponds to an agricultural production system widely adopted in the Brazilian semi-arid region, however the region's climate is inadequate due to constant interannual and intraseasonal rainfall variations. Therefore, in addition to the total precipitated volume, the regular distribution of rainfall becomes essential for the success of agricultural systems. Since the climatic aspects are uncontrollable, the study of the pluviometric regime is important to understand the patterns of duration and severity of the dry spells in the face of different water scenarios, in order to assist in the elaboration of actions that mitigate the effect of drought on agriculture. Therefore, the objective was to study the dry spells in the pluviometric regimes and to evaluate the effects on the cowpea crop. The study area consists of the State of Ceará, separated by homogeneous rainfall regions. The 30-year rainfall data from the 184 municipalities were collected on the FUNCEME website. The very dry, dry, normal, rainy and very rainy water scenarios were established using the Quantile technique. For the dry day, precipitation < 2 mm was considered, and the dry spell was considered as five consecutive dry days, at least. Dry spells were classified according to duration: V1: 5-10 days; V2: 11-15 days; V3: >15 days. The cowpea yield information was collected from the IBGE collection. With the data maps were made by Ordinary Kriging using QGIS 3.16. SPSS Statistic version 23 was adopted to perform the Kruskal-Wallis analysis and the Spearman Coefficient. The climatological normal was 837 mm yr⁻¹, which ranged from 619 to 1,204 mm yr⁻¹, in which Litoral de Fortaleza, Ibiapina and Maciço de Baturité stood out positively while Sertão Central and Inhamuns and Jaguaribana had the lowest rainfall. Regarding the amount of V1, it is worth mentioning the very dry scenario with higher intensities of dry spells on the coast of Fortaleza, Litoral Norte (Granja), Ibiapaba and Cariri and the lowest amounts in parts of Sertão Central and Inhamuns and Jaguaribana. The normal regime showed an increase in dry spells from the north to the south of the state. While the very rainy year had values of 5.25-6.01 phenomena, mainly in Sertão Central, Jaguaribana and Cariri, at the same time that the Litoral and the mountain regions (Ibiapaba and Maciço de Baturité) expressed the lowest amount of dry spells. (2.98-3.74 events). In class V2 in the very dry regime, the most affected regions were the south of Jaguaribe and north and center of Cariri (1.68-1.94 events) and the least affected were the southwest and east of Ceará (0.91-1, 17 summers), in the other regimes, the same pattern was

observed, with a greater presence of summers in the sertão and lower occurrences in coastal and mountain areas. Evaluating the spatialization of the V3 summers in the very dry, dry, normal and rainy regimes, it was observed that the Sertão Central and Inhamuns region was favorable for the occurrence of phenomena > 15 days. The bean yield in Ceará had an average of 286 ± 85 kg ha⁻¹, regardless of the water scenario, it was found that the lowest cowpea yields were found in Sertão Central and Inhamuns. It should be noted that this region is subject to low rainfall and the high presence of summers longer than 15 days. Through the results, it was possible to verify the most fragile areas, mainly in extreme years (very dry and very rainy), where it is essential to implement and disseminate water and soil conservation measures among producers in order to avoid production losses. due to excess or insufficiency of water.

Keywords: drought. dry days. cowpea.

4.1 Introdução

A agricultura de sequeiro representa 60% das áreas cultivadas no mundo e é responsável por 80% dos alimentos produzidos no planeta (ROCKSTROM *et al.*, 2007). No regime de sequeiro, os agricultores precisam conviver com as incertezas geradas pelas condições climáticas (GOBIN; VYVER, 2021; OLIVEIRA *et al.*, 2021; BALTACI; ARSLAN, 2022) principalmente em regiões semiáridas (MARUMBWA; CHO; CHIRWA, 2019; BAL *et al.*, 2022; NOGUEIRA *et al.*, 2023).

No semiárido, as precipitações variam anualmente, sendo constante a ocorrência de anos muito secos e muito chuvosos intercalados por anos normais (COSTA; BECKER; BRITO, 2013; COUTINHO *et al.*, 2018; RODRIGUES *et al.*, 2021; LIMA; LIRA, 2021). Além disso, variações intrasazonais são observadas independente do cenário hídrico (SAKAMOTO *et al.*, 2015; VASCONCELOS *et al.*, 2019). Os períodos de estiagem reduzem o conteúdo de água no solo e afetam as atividades fisiológicas das culturas (MENEZES; BRITO; LIMA, 2010; FERNANDES *et al.*, 2015).

Apesar da fragilidade climática, conforme o Censo Agropecuário (2017), a agricultura de sequeiro é observada em 89% dos estabelecimentos rurais no semiárido brasileiro, em que os principais cultivos consistem em milho e feijão (IBGE, 2017; ROCHA *et al.*, 2020).

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) é uma cultura com grande potencial de produção no semiárido, pois a rusticidade da espécie permite o desenvolvimento em ambientes com baixa disponibilidade hídrica (OLIVEIRA *et al.*, 2017). Todavia a distribuição regular da precipitação, mesmo em baixos volumes, se torna primordial para garantir rendimentos efetivos. Os períodos de estiagem na quadra chuvosa causam impactos que variam de acordo com a duração do fenômeno (ROCHA *et al.*, 2021), tipo de espécie vegetal (YUE; ZHANG; LI, 2023) e o estágio fenológico da planta (MBANYELE *et al.*, 2021).

Frente as mudanças climáticas globais verificaram-se alterações no regime pluviométrico ao decorrer dos anos, com o crescimento de fenômenos extremos (secas e enchentes) e o aumento na quantidade de dias secos (HUANG *et al.*, 2015; FERIJAL; BATELAAN; SHANAFIELD, 2021), tornando cada vez mais necessário o estudo sobre os eventos climáticos com a finalidade de verificar os seus impactos a nível regional (NOGUEIRA *et al.*, 2015; OLIVEIRA *et al.*, 2021; JARRETT; MILLER; MOHTADI, 2023).

A frequência e a intensidade dos veranicos se modificam conforme as características intrínsecas da região como o clima, precipitação, estação do ano e posição

geográfica (latitude, longitude e altitude) (LI; GAO; HOU, 2021; OLIVEIRA *et al.*, 2021; BALTACI; ARSLAN, 2022).

O Ceará apresenta 175 municípios no semiárido brasileiro (95% de sua área), em uma extensão de 146.889 km² e população de 5,8 milhões de habitantes (SUDENE, 2017). O regime pluviométrico anual do Estado do Ceará encontra-se influenciado por fenômenos atmosféricos relacionados a Temperatura da Superfície do Mar do Oceano Atlântico e Oceano Pacífico (COSTA; SILVA, 2017; SOUZA; NOGUEIRA; NOGUEIRA, 2017).

Devido a inconstância da precipitação, diversas pesquisas foram realizadas para avaliar os períodos úmidos e secos (MOREIRA, 2018; CARVALHO, 2020; CAMPOS; ANDRADE, 2021). Frente a complexidade de variáveis ambientais, a aquisição do padrão de distribuição espacial dos fenômenos de estiagem em diferentes regimes pluviométricos auxilia na elaboração de um planejamento estratégico com a adoção de medidas de manejo que mitiguem os efeitos da estiagem com a finalidade de reduzir os riscos de perda de safra em condições adversas do clima, por exemplo cobertura morta (FERNANDES, 2014), adubação orgânica (WANG *et al.*, 2022) e irrigação suplementar (CAVALCANTE *et al.*, 2021).

Apesar dos avanços sobre o tema, ainda se verifica a necessidade de um detalhamento maior na caracterização espacial dos veranicos de modo a correlacionar com os possíveis cenários hídricos incidentes na região e seus impactos na cultura do feijão-caupi. Portanto parte-se do pressuposto que a quantidade e intensidade dos veranicos variam conforme o regime pluviométrico e afetam a produtividade do feijão-caupi. Este trabalho objetivou quantificar os veranicos em diferentes regimes pluviométricos (muito seco, seco, normal, chuvoso e muito chuvoso) e avaliar os seus efeitos na cultura do feijão.

4.2 Metodologia

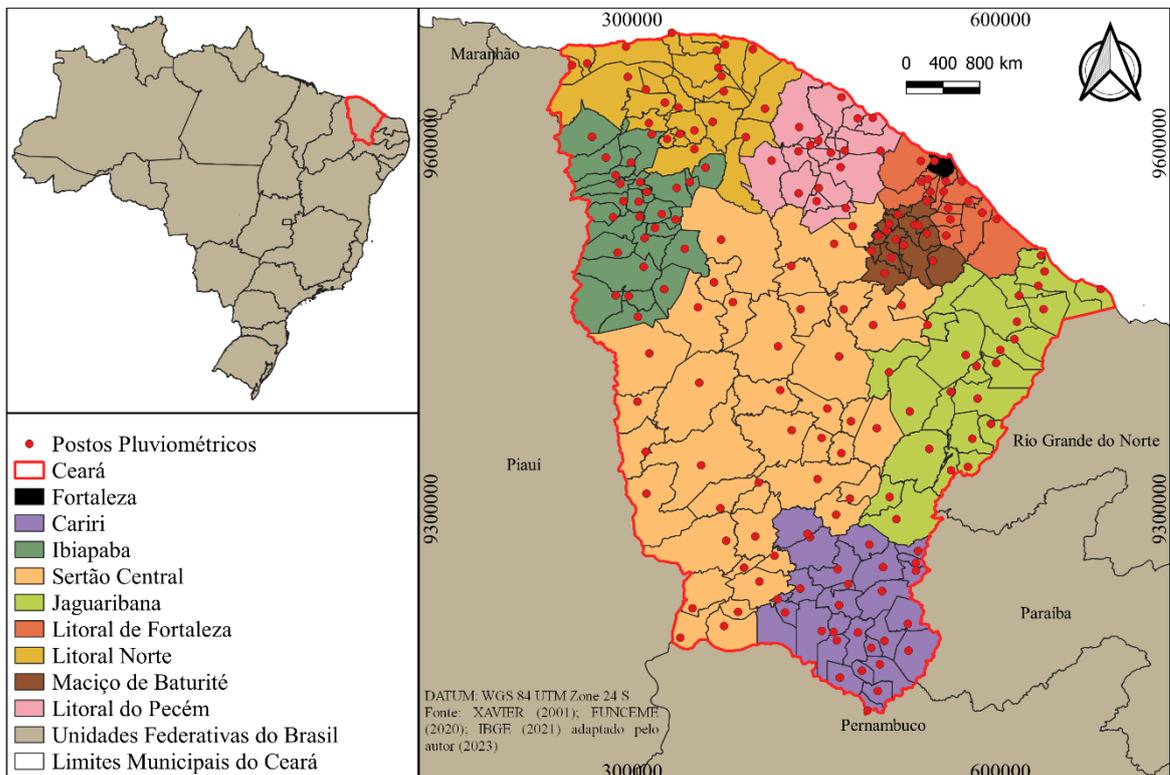
4.2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado no Estado do Ceará, o qual compõe uma das 27 unidades federativas do Brasil, localizado na Região Nordeste, sendo o quarto maior estado da região com uma extensão de 148.894 km², apresentando fronteiras com Pernambuco, Rio Grande do Norte, Paraíba e Piauí. Conforme o último Censo demográfico (2010), o número de habitantes é de 8.452.381 distribuídos em 184 municípios (IBGE,2011).

De acordo com a classificação climática de Köppen, no estado tem três tipos climáticos: Aw tropical com inverno seco em 63,7% do estado; BSh seco, semiárido, quente em 36% do território; e BWh seco, árido, quente em 0,3% do Ceará (MUNIZ *et al.*, 2017).

O Ceará subdivide-se em oito macrorregiões com tendências semelhantes de precipitação, conforme a Figura 1, as regiões pluviométricas homogêneas (RPH) são: R1 – Litoral Norte; R2 – Litoral do Pecém; R3 – Litoral de Fortaleza; R4 – Ibiapaba; R5 – Maciço de Baturité; R6 – Jaguaribana; R7 – Sertão Central e Inhamuns; e R8 – Cariri (XAVIER, 2001).

Figura 1. Localização geográfica da área de estudo



Fonte: Xavier (2001), IBGE (2019), IPECE (2019) e FUNCEME (2020) adaptado pela Autora (2022)

4.2.2 Precipitação

Os dados diários de precipitação (1990-2019) foram coletados no acervo digital da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME). A Organização Mundial de Meteorologia (OMM) considera 30 anos o período necessário para reconhecer que o componente climático representa a região (INSTITUTO PORTUGUÊS DO MAR E DA ATMOSFERA, 2019).

Foram utilizados 184 postos pluviométricos, localizados na sede de cada município, o critério de decisão foi a disponibilidade plena de informações. Vale ressaltar que, em poucos municípios foram detectadas falhas, representando um percentual de 9,8% dos 184 pontos coletados, conforme observa-se na Tabela 1.

Tabela 1. Postos pluviométricos com falhas no registro histórico de 1990 a 2019 do Estado do Ceará

Município	Falha (%)	Falha (anos)
Amontada	6,7	2
Antonina do Norte	10,0	3
Canindé	33,3	10
Cedro	6,7	2
Ererê	3,3	1
Granjeiro	3,3	1
Groaíras	6,7	2
Jijoca de Jericoacara	23,3	7
Madalena	3,3	1
Moraújo	3,3	1
Mulungu	3,3	1
Pacatuba	6,7	2
Saboeiro	3,3	1
Tarrafas	3,3	1
Tururu	16,7	5
Uburetama	3,3	1
Umari	3,3	1
Varjota	23,3	7

Com a série histórica calculou-se a normal climatológica para cada município e para todo o Estado do Ceará. Além disso, os anos estudados foram classificados pela Técnica dos Quantis em muito secos, secos, normais, chuvosos e muito chuvosos, segundo a metodologia

de Pinkayan (1966), amplamente utilizada por Xavier, Xavier e Dias (2003), Fernandes (2014), Cavalcante *et al.* (2021).

4.2.3 Veranicos

Para o cálculo dos veranicos foi utilizado os dados diários de precipitação de janeiro a maio, período que os agricultores desenvolvem as atividades agrícolas em regime de sequeiro (SAKAMOTO *et al.*, 2015).

O veranico foi considerado como o período de no mínimo cinco dias secos consecutivos com precipitação inferior a 2 mm (MENEZES; BRITO; LIMA, 2010; FERNANDES, 2014). Os veranicos foram classificados em três categorias de acordo com a duração: V1: 5-10 dias; V2: 11-15 dias; V3: >15 dias (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

4.2.4 Dados de produção

As informações agrícolas foram obtidas por meio do banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Desde 1974, o IBGE realiza o levantamento da produção agrícola municipal, com o objetivo de analisar os principais produtos agrícolas de lavouras temporários e permanentes no país. A pesquisa fornece informações sobre produção, rendimento, área plantada, área colhida e valor da produção.

No Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) os dados de produtividade do feijão foram coletados para todos os 184 municípios cearenses no período de 1990 a 2019.

4.2.5 Produção de mapas

As informações foram organizadas em planilha eletrônica e os mapas gerados por meio do QGIS 3.10, onde se utilizou a *krigagem* ordinária através do complemento *Processing R Provider*. Metodologia comprovada como eficiente em estudos realizados por Caitano (2012) e Carvalho, Assad e Pinto (2012). Para cada variável calculou-se o semivariograma com a finalidade de selecionar o melhor modelo (exponencial, esférico ou gaussiano) para o processo.

4.2.6 Análise estatística

Para as análises estatísticas utilizou-se o software SPSS Statistic, confirmado a ausência de normalidade dos dados com o teste de Shapiro-Wilk adotou-se técnicas não paramétricas como o Kruskal-Wallis e a correlação de Spearman. O método de Kruskal-Wallis proposto por Kruskal e Wallis (1952) consiste em uma técnica alternativa ao teste F da ANOVA, com a finalidade de verificar se existe diferença significativa entre as medianas de três ou mais grupos. No estudo utilizou-se para averiguar se as regiões pluviométricas homogêneas apresentavam diferenças nas variáveis analisadas (precipitação, veranicos e produtividade do feijão) em cada cenário hídrico.

O coeficiente de *Spearman* objetiva verificar o grau de relação entre os parâmetros estudados, com valores entre $-1 \leq R \leq 1$, no qual os coeficientes de correlação são considerados significativos quando $p < 0,01$ ou $p < 0,05$ (PIRES *et al.*, 2018). O teste se mostra amplamente utilizado em pesquisas na área ambiental e climatológica, sendo apropriado quando os dados não apresentam distribuição Gaussiana (OLIVEIRA; CUNHA, 2014; TERASSI *et al.*, 2018; PESSI *et al.*, 2019; FRAGA *et al.*, 2021).

4.3 Resultados e discussão

A seção foi subdividida em cinco tópicos: I) Precipitação pluviométrica; II) Veranicos; IV) Produtividade; e V) Correlação.

4.3.1 Precipitação pluviométrica

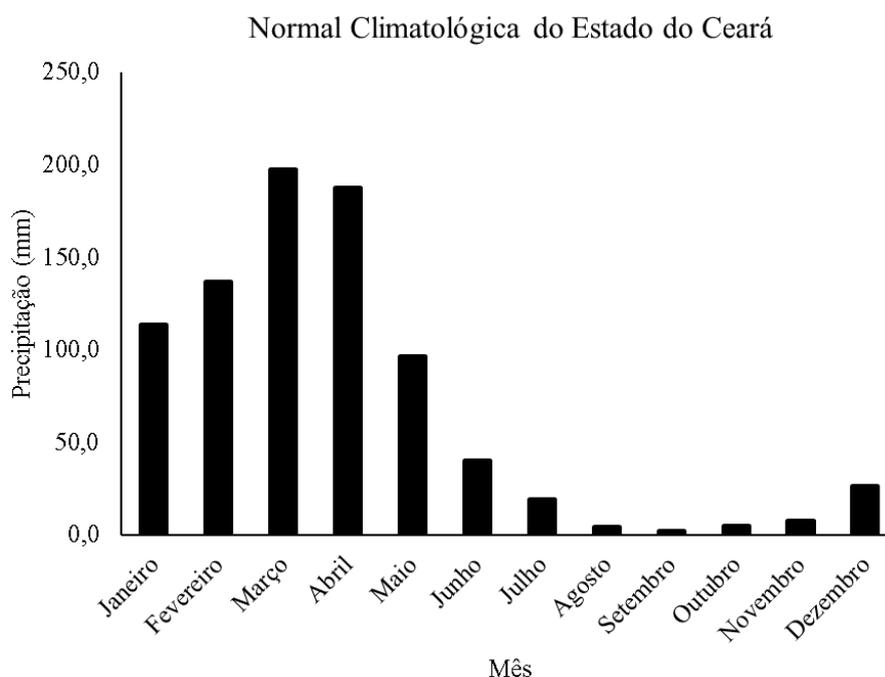
A escolha do modelo de *Krigagem* Ordinária baseou-se na dependência espacial dos dados, o coeficiente do efeito pepita foi classificado em: forte – valores menores do que 25; moderado – entre 0,25 e 0,75; e fraco – maiores do que 75 (CAMBARDELLA *et al.*, 1994). Para a precipitação observou-se que o método mais adequado foi o tipo exponencial por apresentar forte dependência espacial dos dados em todos os regimes, com exceção do cenário seco, Tabela 2.

Tabela 2. Modelos de semivariogramas da precipitação média geral e no regime pluviométrico muito seco, seco, normal, chuvoso e muito chuvoso de 1990 a 2019 do Estado do Ceará

Regime	Parâmetros	Modelo			Coeficiente efeito pepita			Classificação		
		Esférico	Exponencial	Gaussiano	Esférico	Exponencial	Gaussiano	Esférico	Exponencial	Gaussiano
Geral	Efeito pepita	56343	53659	45516	0,7	0,7	0,7	Moderada	Moderada	Moderada
	Alcance	305	96	7						
	Patamar	85559	81344	70135						
Muito seco	Efeito pepita	5587	3620	6720	0,3	0,2	0,4	moderado	forte	moderado
	Alcance	78074	32012	33105						
	Patamar	16395	17059	16019						
Seco	Efeito pepita	8920	7162	9977	0,4	0,3	0,5	moderado	moderado	moderado
	Alcance	141109	60142	50399						
	Patamar	23580	24539	21985						
Normal	Efeito pepita	11519	9233	14077	0,3	0,2	0,4	moderado	forte	moderado
	Alcance	140299	66557	58580						
	Patamar	36411	38982	35101						
Chuvoso	Efeito pepita	15811	12904	19797	0,3	0,2	0,4	moderado	forte	moderado
	Alcance	149305	77599	61888						
	Patamar	55618	61450	53374						
Muito chuvoso	Efeito pepita	23150	19125	29973	0,3	0,2	0,4	moderado	forte	moderado
	Alcance	148358	81210	64199						
	Patamar	86709	97550	84268						

O Estado do Ceará apresentou normal climatológica de 837 mm ano⁻¹, no qual evidenciou-se a distribuição temporal irregular das chuvas e a presença de dois períodos distintos, a estação chuvosa com precipitações de fevereiro a maio, variando de 137 a 197 mm mês⁻¹ e a estação seca de agosto a novembro com pluviometria entre 4,5 e 7,6 mm mês⁻¹ (Figura 2). Os meses de dezembro (26,3 mm) e janeiro (113,7 mm) representam a pré-estação chuvosa e junho (40,4 mm) e julho (19,1 mm) consistem na transição entre o período chuvoso e a estação seca.

Figura 2. Normal climatológica do Estado do Ceará (1990-2019)



O período chuvoso representou 74% do total de chuvas do estado, com 618 mm distribuídos em fevereiro, março, abril e maio, cada mês com 136, 197, 187 e 96 mm, respectivamente. Os meses de janeiro a maio correspondem a quadra chuvosa em grande parte do semiárido brasileiro (SOUZA; NOGUEIRA; NOGUEIRA, 2017; CARVALHO, 2020; MEDEIROS; CESTARO; QUEIROZ, 2020).

Os maiores volumes de chuvas foram registrados em março e abril, vale ressaltar que neste período a Zona de Convergência Intertropical se posiciona ao sul e favorece a precipitação na região, todavia em maio a ZCIT se transporta para o hemisfério norte resultando na redução da pluviometria (XAVIER; XAVIER; MALVEIRA, 1999; MOURA; SOBRINHO; SILVA, 2019).

A ZCIT é a principal responsável pelas chuvas no estado, e acontece por meio do encontro entre os ventos alísios do hemisfério sul e do hemisfério norte, os ventos se aquecem, expandem o volume, diminuem a densidade e tendem a ascender, condensar e formar nuvens (XAVIER *et al.*, 2003; MARENGO *et al.*, 2011).

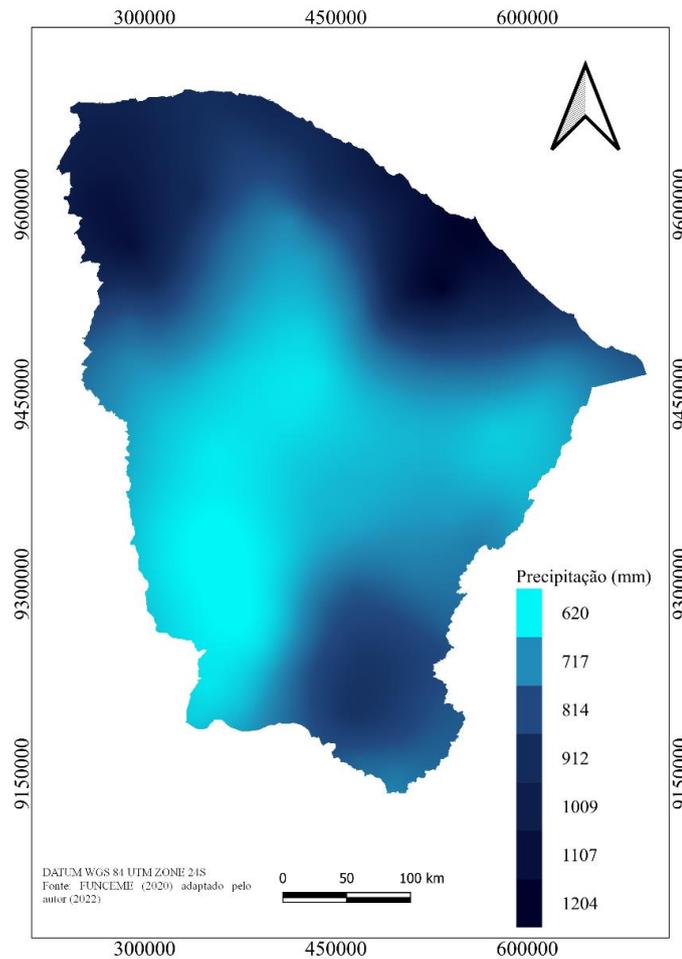
Além da ZCIT, outros fenômenos atmosféricos contribuem para as chuvas no Ceará, as Frentes Frias atuam de dezembro a janeiro e ocorre através do encontro entre duas massas de ar, o ar frio ajuda o ar quente a subir, condensar e gerar nuvens de precipitação. Assim como as Ondas do Leste influenciam as chuvas de junho a agosto, por meio de distúrbios na circulação dos ventos e da pressão que ocasionam na formação de chuvas intensas (FERREIRA; MELO, 2005; FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS, 2014).

Resultados semelhantes foram obtidos por Costa e Silva (2017), os autores pesquisaram a precipitação do Estado do Ceará de 1973 a 2010 e encontraram volume máximo em março com 213 mm e abril em torno de 200 mm. Os valores do estudo foram superiores aos observados na Figura 2, tal fato pode ser explicado devido a série histórica adotada contar com períodos mais remotos, isto pode ter impactado nas médias, visto que ao decorrer dos anos a pluviometria em regiões semiáridas apresentaram tendência de redução (MATEUS *et al.*, 2015; MARUMBWA; CHO; CHIRWA, 2019).

Verificando a espacialidade das chuvas no Ceará (Figura 3) observou-se irregularidades, a precipitação oscilou de 619 a 1.204 mm ano⁻¹, no qual o Litoral de Fortaleza, Ibiapaba e Maciço de Baturité se destacaram positivamente. Cabe salientar que zonas litorâneas são influenciadas pelas massas de ar úmidas advindas do oceano. Enquanto a Ibiapaba e o Maciço de Baturité (regiões de serra) possuem elevadas altitudes que resultam em chuvas orográficas (HIERA; LIMA JÚNIOR; ZANELLA, 2019; OLIVEIRA *et al.*, 2021; BALTACI; ARSLAN, 2022).

O Sertão Central e Inhamuns e Jaguaribana apresentaram as menores precipitações, resultados encontrados também por Mateus *et al.* (2015), Silva *et al.* (2015), Costa e Silva (2017). Estas regiões encontram-se na depressão sertaneja sob fortes condições semiáridas (MORO *et al.*, 2015).

Figura 3. Normal climatológica dos municípios cearenses (1990-2019)

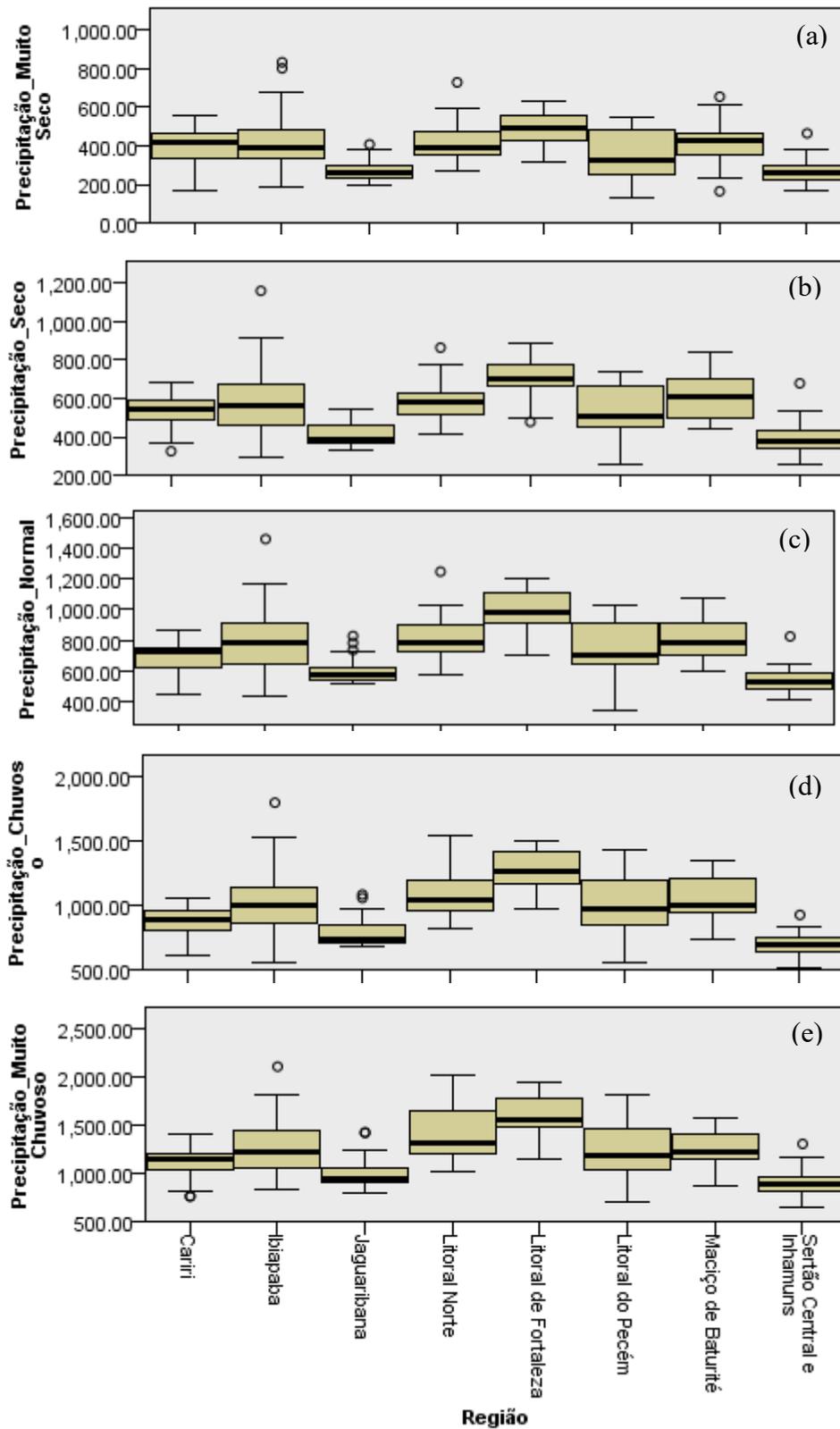


O semiárido brasileiro caracteriza-se pela variabilidade interanual das chuvas com anos extremos (secos e chuvosos) intercalados por anos na normalidade (COSTA; BECKER; BRITO, 2013; COSTA; SILVA, 2017; COUTINHO *et al.*, 2018; VASCONCELOS *et al.*, 2019).

O teste de Kruskal-Wallis avaliou os seguintes pressupostos: H0 – igualdade entre as medianas dos grupos; e H1 – diferença entre as medianas dos grupos. Por meio do método verificou-se que a precipitação nas regiões pluviométricas homogêneas apresentaram diferenças significativas entre si no regime muito seco [$X^2(2) = 73,202$; $p < 0,01$], seco [$X^2(2) = 87,670$; $p < 0,01$], normal [$X^2(2) = 93,229$; $p < 0,01$], chuvoso [$X^2(2) = 103,092$; $p < 0,01$] e muito chuvoso [$X^2(2) = 96,025$; $p < 0,01$].

No cenário muito seco (Figura 4a) verificou-se que a precipitação de Jaguaribana e do Sertão Central e Inhamuns se diferenciaram das regiões de Ibiapaba, Litoral Norte, Maciço de Baturité e Litoral de Fortaleza. Embora o Estado do Ceará tenha a maior parte da sua área em clima semiárido, as regiões próximas ao mar e em condições de elevadas altitudes apresentam climas úmidos e subúmidos.

Figura 4. Box plots da precipitação pluviométrica em cada região pluviométrica homogênea do Ceará em um regime (a) muito seco, (b) seco, (c) normal, (d) chuvoso e (e) muito chuvoso



Analisando o regime seco (Figura 4b) constatou-se que as chuvas do Sertão Central e Inhamuns e Jaguaribana distinguiram-se do Cariri, Ibiapaba, Litoral Norte, Maciço de Baturité e Litoral de Fortaleza. Os anos normais (Figura 4c) e chuvosos (Figura 4d) apresentaram a mesma tendência, em que a precipitação do Sertão Central e Inhamuns foi diferente do Litoral do Pecém, Cariri, Ibiapaba, Litoral Norte, Maciço de Baturité e Litoral de Fortaleza. Além disso, Jaguaribana se diferenciou da Ibiapaba, Litoral Norte, Maciço de Baturité e Litoral de Fortaleza enquanto o Cariri se distinguiu do Litoral de Fortaleza.

Nos resultados foi possível observar que à medida que aumentou o volume hídrico ocorreu maior diferenciação entre as regiões do estado. Tal fato encontra-se associado as condições climáticas como chuvas, temperaturas e umidade, que se modificam consideravelmente do litoral para o interior, com aumento do gradiente conforme o regime das chuvas (MORO *et al.*, 2015).

No cenário muito chuvoso (Figura 4e), a precipitação no Cariri foi menor do que no Litoral de Fortaleza enquanto as chuvas no Sertão Central e Inhamuns foram inferiores ao Litoral do Pecém, Ibiapaba, Litoral Norte, Maciço de Baturité e Litoral de Fortaleza. À medida que Jaguaribana demonstrou volume pluviométrico menor do que Ibiapaba, Litoral Norte e Litoral do Pecém.

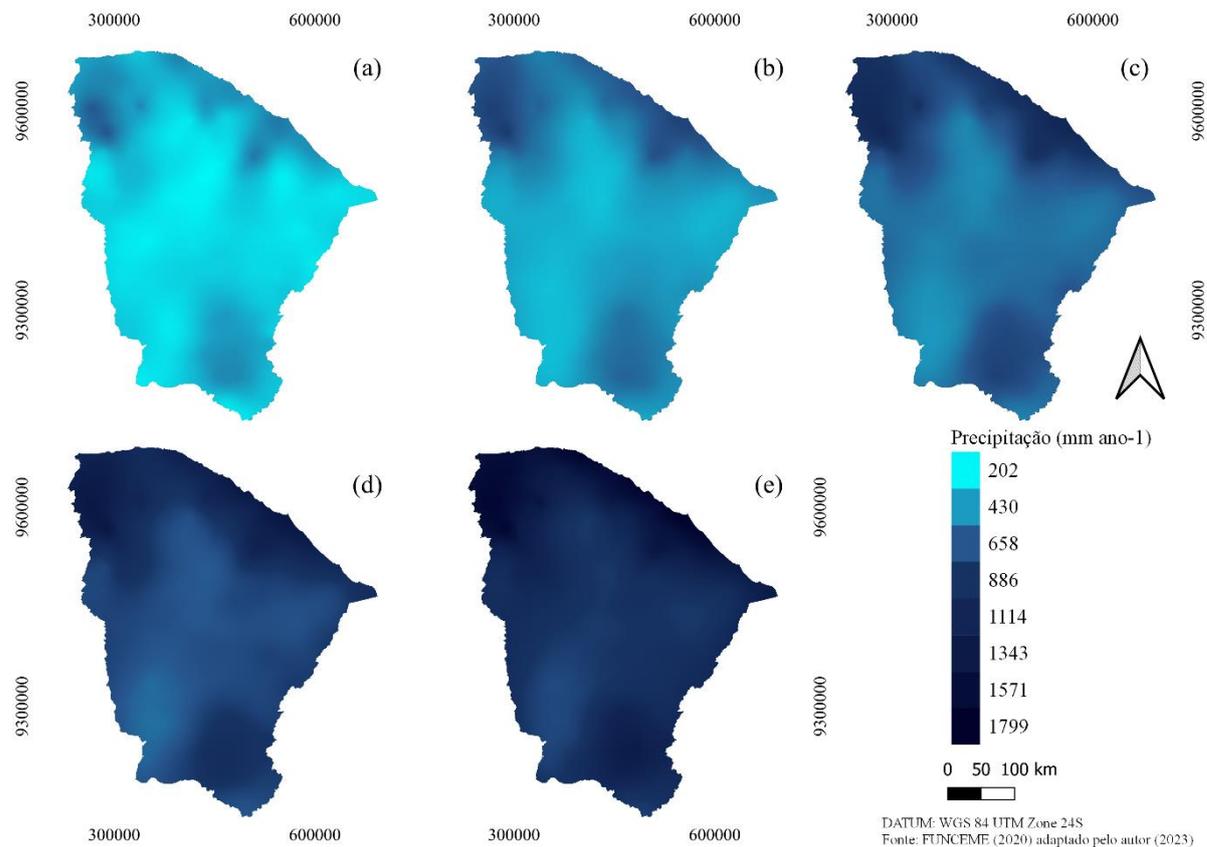
De modo geral, o Sertão Central e Inhamuns e Jaguaribana foram as regiões que mais se diferenciaram das demais, com os menores índices pluviométricos em todos os cenários. As duas localidades apresentam a maior parte do seu território no modelo geomorfológico denominado depressão sertaneja, caracterizado pelo relevo plano a ondulado em embasamento cristalino, com baixos níveis altimétricos, circundado por maciços e chapadas (DANTAS *et al.*, 2014).

Souza, Almeida e Correa (2015) estudaram a correlação entre precipitação e geomorfologia, os autores observaram que regiões inseridas na depressão sertaneja podem apresentar até o dobro de dias secos ao ano quando comparado com outras formações geomorfológicas. Além disso, as chuvas foram associadas a altitude, nos resultados, os locais com maiores elevações se destacaram positivamente nos índices pluviométricos enquanto os menores volumes de chuvas foram relacionados a locais com baixa elevação (depressão sertaneja).

Na distribuição espacial da precipitação conforme o regime pluviométrico (Figura 5), em um ano muito seco a pluviometria foi de 364 ± 131 mm, em que se observou os menores índices no sudoeste de Canindé, sul de Santa Quitéria, Itatira, Madalena, Boa Viagem, Monsenhor Tabosa, Independência, Ocara, Morada Nova, São João do Jaguaribe, Alto Santo e

Potiretama (Figura 5a), a maioria dos municípios supracitados se encontram no Sertão Central e Inhamuns e Jaguaribana. Enquanto incrementos nas precipitações foram visualizadas na Ibiapaba, Litoral de Fortaleza, Maciço de Baturité e Cariri.

Figura 5. Precipitação pluviométrica no Ceará conforme o cenário (a) Muito Seco; (b) Seco; (c) Normal; (d) Chuvoso; (e) Muito Chuvoso



No cenário seco a precipitação média foi de 520 ± 153 mm, na distribuição espacial verificou-se o incremento do volume de chuvas principalmente no Cariri, Litoral Norte, Ibiapaba, Litoral de Fortaleza e os menores volumes de chuvas nas regiões do Sertão Central e Inhamuns e Jaguaribana (Figura 5b).

A variabilidade interanual das chuvas correlaciona-se com a temperatura da superfície do mar do Oceano Pacífico Equatorial e do Atlântico Tropical (COSTA; SILVA, 2017; SOUZA; NOGUEIRA; NOGUEIRA, 2017; COUTINHO *et al.*, 2018). O El Niño-Oscilação Sul (ENOS) diz respeito ao aumento da TSM do Oceano Pacífico por causa da redução dos ventos alísios, como resultado a água aquecida da costa peruana não é transportada para a região oeste do Pacífico (FERREIRA; MELLO, 2005).

Segundo Marengo *et al.* (2011), as altas temperaturas da superfície do Pacífico interferem na circulação das massas de ar e originam movimentos descendentes atípicos que inibem a formação de nuvens na região tropical. Desta maneira, o ENOS relaciona-se com os anos secos na porção semiárida brasileira (SILVA *et al.*, 2012; CARVALHO, 2020).

Além disso, a TSM do Atlântico Sul mais quente do que ao Norte, condição denominada de dipolo negativo, favorece a migração da Zona de Convergência Intertropical para o hemisfério Sul, submetendo-se a posição apropriada para a precipitação na região (FERREIRA *et al.*, 2018; CARVALHO, 2020; RODRIGUES *et al.*, 2021). Os anos secos e muito secos resultam da associação de El Niño de média e alta intensidade e dipolo positivo e neutro (MOURA; SOBRINHO; SILVA, 2019).

Os cenários normal (Figura 5c), chuvoso (Figura 5d) e muito chuvoso (Figura 5e) obtiveram média pluviométrica de 713 ± 195 mm, 928 ± 245 mm e 1175 ± 309 mm, respectivamente. Os regimes apresentaram a mesma tendência de chuvas, no qual os menores volumes foram registrados no centro e leste do estado e os maiores valores ao decorrer do litoral e em regiões com serras e chapadas como a Ibiapaba, Maciço de Baturité e Cariri.

Os anos normais e chuvosos ocorrem na presença de El Niño fraco ou neutro e dipolo negativo. Além destes fenômenos, a La Niña também interfere no regime pluviométrico da região e apresenta alta associação com a TSM do Oceano Atlântico. La Niña com intensidade moderada ou fraca na presença de dipolo negativo resulta em anos chuvosos, em contrapartida a La Niña fraca ou neutra com dipolo neutro ou positivo induz chuvas na média ou abaixo da média (SANTOS; MENDES; CRUZ, 2020; RODRIGUES *et al.*, 2021).

Por meio da Figura 2, Figura 3, Figura 4 e Figura 5 visualizou-se a desuniformidade das chuvas no tempo e espaço. Vale destacar que a distribuição da precipitação se mostra tão importante quanto o volume total precipitado, a presença de períodos secos (veranicos) durante a estação chuvosa ocasiona em déficit hídrico na região (LOPES; DANTAS; FERREIRA, 2019; GOBIN; VYVER, 2021; ROCHA *et al.*, 2021).

4.3.2 Veranicos

A presença de veranicos no Ceará ao longo do período avaliado (1990 a 2019) foi acentuada, o Estado apresentou 39.382 veranicos nos 184 municípios do estado, onde 26.386 (67%) obtiveram duração de 5 a 10 dias (V1), 6.219 (16%) ocorreram de 11 a 15 dias (V2) e 6.777 (17%) com durabilidade superior a 15 dias (V3), vide Tabela 3. Os dias secos são causados por condições ambientais que impedem a formação da precipitação, como a presença

de ar quente e seco, o teor de umidade insuficiente impede a ascensão do ar na atmosfera para a constituição das nuvens (BALTACI; ARSLAN, 2022).

Oliveira *et al.* (2015) obtiveram valores aproximados de frequência de veranicos para o Ceará, com 66% de incidência da V1, 20% da classe V2 e 14% da categoria V3, no entanto os autores não revelaram a quantidade de veranicos. Todavia resultados diferentes foram encontrados por Fernandes (2014) que contabilizando os eventos de 1974-2012 no Estado do Ceará verificou 12.061 veranicos totais, o estudo apresentou ocorrência inferior de fenômenos mesmo com uma série histórica de 39 anos, tal fato pode ser explicado devido a menor amostragem de dados utilizada pelo autor que analisou somente 77 postos pluviométricos.

Tabela 3. Total de veranicos (1990-2019) por Região Pluviométrica Homogênea do Estado do Ceará

Região	Classes veranicos ¹			Total	Veranicos médios por município/ano	Precipitação (mm ano ⁻¹)
	V1	V2	V3			
Litoral Norte	3006	574	659	4239	6,4	925
Litoral do Pecém	2112	447	536	3095	6,3	861
Litoral de Fortaleza	1862	389	345	2596	6,2	1173
Maciço de Baturité	1841	331	323	2495	6,0	1025
Ibiapaba	3541	762	783	5086	6,5	916
Jaguaribana	3540	899	1136	5575	7,7	695
Sertão Central e Inhamuns	5988	1601	1973	9562	8,0	628
Cariri	4496	1216	1022	6734	8,0	843
Total	26386	6219	6777	39382		

¹V1: 5 a 10 dias; V2: 11 a 15 dias; V3: > 15 dias.

Considerando as regiões pluviométricas homogêneas, o Sertão Central e Inhamuns, Cariri e Jaguaribana apresentaram as maiores incidências de veranicos, com 9.562, 6.734 e 5.575 fenômenos, respectivamente. Além disso, estas RPH também obtiveram maior média de veranicos por município, o Sertão Central e Inhamuns e Jaguaribana com 8,0 fenômenos cada e o Cariri com 7,7 eventos/ano. Vale destacar que o Sertão Central e Inhamuns e Jaguaribana exibiram as menores médias pluviométricas, 628 e 695 mm ano⁻¹ (Tabela 3).

Em estudos sobre veranicos, Soares e Nóbrega (2010) encontraram média de 6 a 7 veranicos durante o período chuvoso em Pernambuco. Campos e Andrade (2021) verificaram

média de 9 veranicos ano⁻¹ em Iguatu, Ceará. Divergindo de Fernandes (2014) com média de 5 veranicos ano⁻¹ em Quixeramobim – Ceará.

O posicionamento espacial dos veranicos é relevante para a visualização de zonas de risco climático que necessitam de intervenções e ações alternativas para garantir o suprimento hídrico e expandir a produção agrícola (SOARES; NÓBREGA, 2010; OLIVEIRA *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2015; OLIVEIRA *et al.*, 2021).

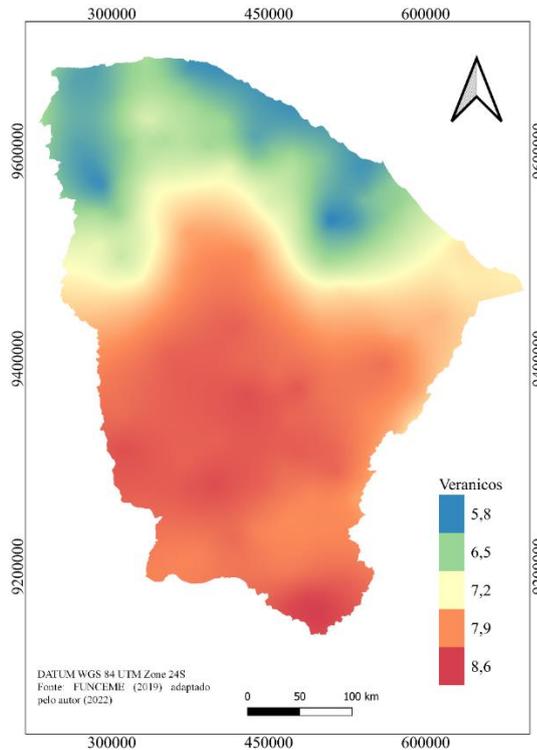
Na criação dos mapas para os veranicos médios de 1990 a 2019 (totais, V1, V2 e V3) foi adotado o modelo exponencial por causa da alta correlação espacial entre os dados (Tabela 4), com base no semivariograma ainda foi possível observar que o modelo esférico apresentou o efeito pepita puro, onde indica falta de dependência espacial entre os pontos (VIEIRA, 2000).

Tabela 4. Modelos de semivariogramas de veranicos médios gerais, classe V1, V2 e V3 de 1990 a 2019 do Estado do Ceará

Classe	Parâmetros	Modelo			Coeficiente efeito pepita			Classificação		
		Esférico	Exponencial	Gaussiano	Esférico	Exponencial	Gaussiano	Esférico	Exponencial	Gaussiano
Geral	Efeito pepita	0,2	0,2	0,3	0,19	0,07	0,32	forte	forte	moderado
	Alcance	425038	920392	118481						
	Patamar	1,8	3,4	0,9						
V1	Efeito pepita	0,2	0,2	0,2	0,10	0,02	0,59	forte	forte	moderado
	Alcance	4290186	21178186	141921						
	Patamar	1,6	12,0	0,3						
V2	Efeito pepita	0,02	0,2	0,02	0,00	0,01	0,04	-	forte	forte
	Alcance	3726310	12605220	152210						
	Patamar	5,7	30,2	0,6						
V3	Efeito pepita	0,04	0,04	0,06	0,20	0,15	0,29	forte	forte	moderado
	Alcance	181559	125624	89151						
	Patamar	0,2	0,3	0,2						

Na espacialização média anual dos veranicos no Ceará observou-se variações de 5,8 a 8,6 fenômenos/ano (Figura 6), com destaque para o centro do estado e o sul do Cariri.

Figura 6. Veranicos médios (1990-2019) no Ceará



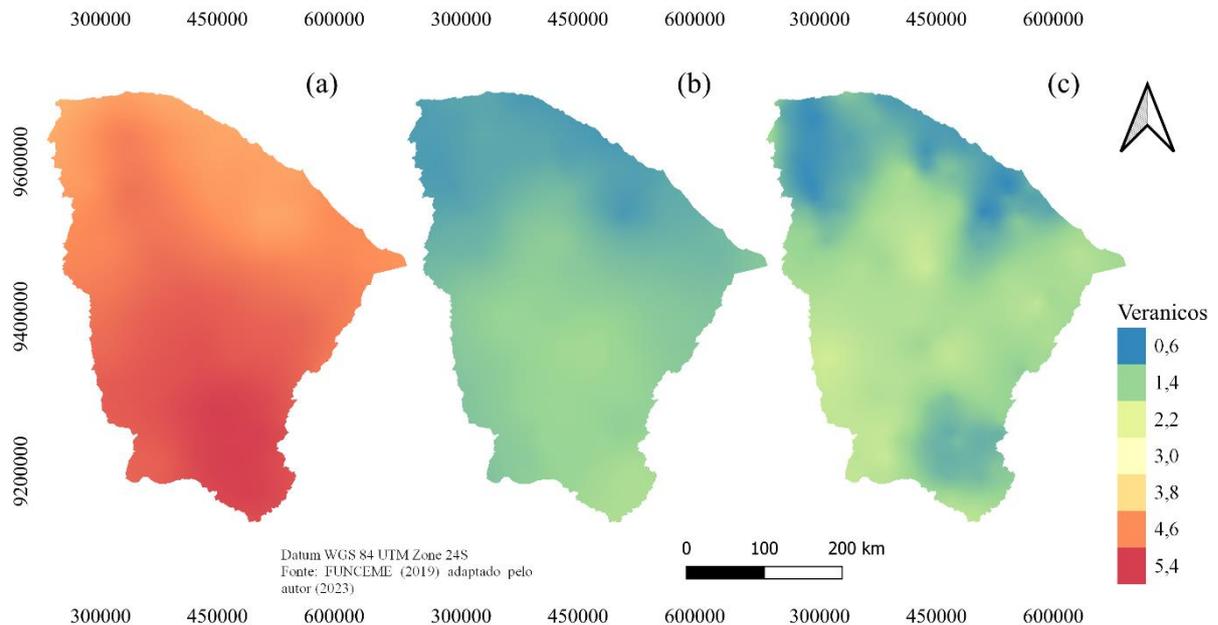
Os efeitos dos veranicos encontram-se correlacionados com a sua durabilidade (MENEZES; BRITO; LIMA, 2010; VASCONCELOS *et al.*, 2019; ROCHA *et al.*, 2021). Por conseguinte, dividindo o número de veranicos em classes conforme a duração: V1 (5 a 10 dias); V2 (11 a 15 dias); e V3 (>15 dias), obteve-se no Litoral menor presença de veranicos em todas as durações. A V1 variou de 4,3 a 5,4 fenômenos, V2 entre 0,8 e 1,6 eventos e V3 de 0,6 a 2,0 veranicos (Figura 7).

Avaliando apenas os veranicos de 5 a 10 dias (Figura 7a), partes do Sertão Central e Inhamuns e o Cariri apresentaram as maiores ocorrências de veranicos da classe V1 com 4,7 a 5,4 fenômenos ano⁻¹, se destacando principalmente os municípios ao sul do Sertão Central (Jucás e Iguatu) e quase todo o Cariri (Abaiara, Aurora, Barbalha, Cariús, Caririaçu, Cedro, Crato, Farias Brito, Jardim, Juazeiro do Norte, Lavras da Mangabeira, Milagres, Missão Velha, Porteiras e Várzea Alegre).

Estas duas regiões também se evidenciaram na categoria V2 (Figura 7b), no qual os fenômenos com duração de 11 a 15 dias variaram de 1,2 a 1,6 eventos por cidade. Em alguns

municípios a classe de V3 (Figura 7c) foi mais presente do que a categoria V2 (11 a 15 dias), destacando-se: Madalena, Quiterianópolis, Parambu e Itaitira.

Figura 7. Veranicos médios (1990-2019) com duração de (a) 5 a 10 dias (b) 11 a 15 dias (c) > 15 dias no Ceará

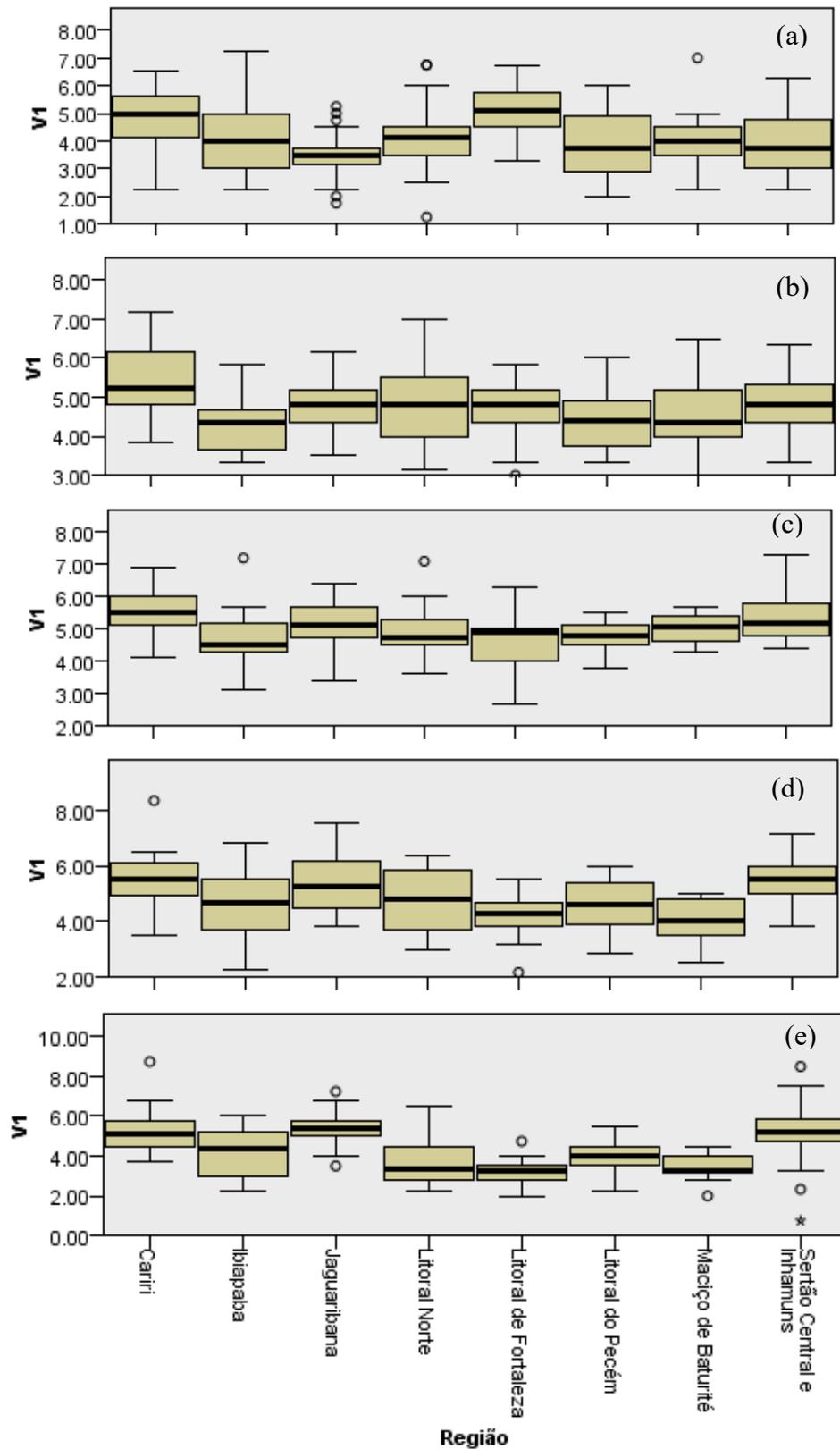


As ocorrências e durações dos veranicos se encontram associadas a distribuição e volume das chuvas. A redução da precipitação resulta em aumento dos períodos de estiagem, enquanto o incremento das chuvas ocasiona em atenuação dos veranicos (FERNANDES, 2014; SAKAMOTO *et al.*, 2015; OLIVEIRA *et al.*, 2021).

O teste de Kruskal-Wallis demonstrou que as regiões pluviométricas apresentaram diferenças entre si na quantidade de veranicos de 5 a 10 dias nos cenários hídricos muito seco [$X^2(2) = 28,092$; $p < 0,01$], seco [$X^2(2) = 22,965$; $p < 0,01$], normal [$X^2(2) = 33,056$; $p < 0,01$], chuvoso [$X^2(2) = 45,029$; $p < 0,01$] e muito chuvoso [$X^2(2) = 69,512$; $p < 0,01$].

No regime muito seco (Figura 8a) observou-se que Jaguaribana apresentou menor amplitude e frequência de V1 quando comparada com o Cariri e Litoral de Fortaleza. Enquanto o Sertão Central e Inhamuns obteve maior amplitude e menor ocorrência de V1 do que as localidades do Cariri e Litoral de Fortaleza. Regiões com maiores quantidades de veranicos de 5 a 10 dias, como o Cariri e Litoral de Fortaleza, indicam uma maior frequência das chuvas.

Figura 8. Box plots dos veranicos de 5 a 10 dias em cada região pluviométrica homogênea do Ceará em um regime (a) muito seco, (b) seco, (c) normal, (d) chuvoso e (e) muito chuvoso



Analisando o cenário seco (Figura 8b) constatou-se que o Cariri se distinguiu da Ibiapaba e do Litoral do Pecém. O Cariri apresentou maior abrangência e ocorrência de V1 enquanto a Ibiapaba e o Litoral do Pecém demonstraram menor quantidade de V1. Portanto em regimes com redução do volume de chuvas (seco e muito seco) o Cariri ainda consegue estabelecer um regular aporte hídrico.

Em condições normais (Figura 8c), o Cariri se diferenciou da Ibiapaba, Litoral de Fortaleza, Litoral Norte e Litoral do Pecém. No Cariri verificou-se a redução da amplitude da classe V1 conforme o incremento hídrico, no entanto a região ainda apresentou frequências superiores ao litoral e regiões serranas, como a Ibiapaba.

No ano chuvoso (Figura 8d), o Sertão Central e Inhamuns e Cariri diferenciaram-se do Maciço de Baturité e Litoral de Fortaleza. também vale ressaltar que Jaguaribana obteve valores diferentes da região do Maciço de Baturité. Os Sertões, Jaguaribana e o Cariri apresentaram maior quantidade de veranicos de 5 a 10 dias do que a serra (Maciço de Baturité) e o litoral (Litoral de Fortaleza).

No regime muito chuvoso (Figura 8e), as localidades do Sertão Central e Inhamuns, Cariri e Jaguaribana exibiram maiores quantidades de veranicos de 5 a 10 dias quando comparadas com o Litoral do Pecém, Litoral Norte, Maciço de Baturité e Litoral de Fortaleza.

O Cariri se diferenciou na quantidade de veranicos de 5 a 10 dias (V1) em todos os cenários hídricos, tal fato encontra-se associado a presença da Chapada do Araripe na região, a estrutura geomorfológica atua como barramento dos ventos úmidos da Zona de Convergência Intertropical durante o seu deslocamento, com isso a localidade encontra-se mais propícia a formação e distribuição das chuvas (DANTAS *et al.*, 2014). A quantidade de veranicos curtos apresenta correlação positiva com o volume das chuvas (OLIVEIRA *et al.*, 2021).

Vale ressaltar que regiões como o Sertão Central e Inhamuns e Jaguaribana demonstraram incremento na quantidade de veranicos de menores durações de acordo com o aumento do volume precipitado, indicando uma distribuição temporal mais regular das chuvas em anos normais, chuvosos e muito chuvosos. De acordo com Nogueira *et al.* (2023) os veranicos de 5 a 10 dias são os mais frequentes em todo o Ceará, no entanto a classe de duração apresenta tendência de redução conforme o aumento da quantidade de dias secos.

Os mapas referentes aos veranicos de 5 a 10 dias, 11 a 15 dias e > 15 dias em cada cenário hídrico (muito seco, seco, normal, chuvoso e muito chuvoso) foram construídos no modelo esférico, pela maior dependência espacial entre os dados (Tabela 5), assim como na Tabela 4 também se observou o efeito pepita puro no modelo exponencial e gaussiano,

demonstrando a falta de dependência espacial entre os dados (CARVALHO; SILVEIRA; VIEIRA, 2002).

Tabela 5. Modelos de semivariogramas de verânicos da classe V1, V2 e V3 no regime pluviométrico muito seco, seco, normal, chuvoso e muito chuvoso de 1990 a 2019 do Estado do Ceará

Regime	Classe	Parâmetros	Modelo ¹			Coeficiente efeito pepita			Classificação		
			Esf.	Exp.	Gaus.	Esf.	Exp.	Gaus.	Esf.	Exp.	Gaus.
Muito seco	V1	Efeito pepita	1,1	1,0	1,1	0,7	0,7	0,7	moderado	Moderado	moderado
		Alcance	127712	74676	69611						
		Patamar	1,5	1,6	1,5						
	V2	Efeito pepita	0,3	0,2	0,2	0,7	0,6	0,7	moderado	Moderado	moderado
		Alcance	132113	44639	14716						
		Patamar	0,4	0,4	0,3						
V3	Efeito pepita	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,5	moderado	Moderado	moderado	
	Alcance	192859	142595	89889							
	Patamar	0,8	1,0	0,8							
Seco	V1	Efeito pepita	0,5	0,00	0,5	0,7	-	0,8	moderado	-	fraco
		Alcance	25697	81027	10359						
		Patamar	0,66	0,00	0,6						
	V2	Efeito pepita	0,2	0,2	0,2	0,9	0,8	0,9	Fraco	Fraco	fraco
		Alcance	169979	68164	68479						
		Patamar	0,3	0,3	0,3						
V3	Efeito pepita	0,2	0,1	0,2	0,3	0,2	0,4	moderado	Forte	moderado	
	Alcance	174283	80553	52423							
	Patamar	0,5	0,5	0,4							

¹esf.: esférico; exp.: exponencial; gaus.: gaussiano

Continua...

Tabela 5. Modelos de semivariogramas de veranicos da classe V1, V2 e V3 no regime pluviométrico muito seco, seco, normal, chuvoso e muito chuvoso de 1990 a 2019 do Estado do Ceará

Regime	Classe	Parâmetros ¹	Modelo ¹			Coeficiente efeito pepita			Classificação		
			Esf.	Exp.	Gaus.	Esf.	Exp.	Gaus.	Esf.	Exp.	Gaus.
Normal	V1	Efeito pepita	0,8	0,8	0,6	1,00	0,28	0,00	Fraco	Forte	-
		Alcance	81027	1895320	4E+07						
		Patamar	0,8	3,0	19498						
	V2	Efeito pepita	0,1	0,1	0,1	0,56	0,48	0,61	moderado	Moderado	moderado
		Alcance	140571	85665	54822						
		Patamar	0,2	0,2	0,2						
		Efeito pepita	0,1	0,0	0,1	0,22	0,11	0,30	Forte	Forte	forte
		Alcance	139254	58260	52976						
		Patamar	0,3	0,4	0,3						
V3	Efeito pepita	0,1	0,0	0,0	0,15	0,00	0,00	Forte	-	-	
	Alcance	23725	11190	13503							
	Patamar	0,9	0,9	0,9							
	Efeito pepita	0,1	0,1	0,1	0,41	0,34	0,49	moderado	Moderado	moderado	
	Alcance	171330	90050	60525							
	Patamar	0,3	0,3	0,3							
Chuvoso	V2	Efeito pepita	0,1	0,1	0,1	0,35	0,27	0,43	moderado	Moderado	moderado
		Alcance	163489	83529	63459						
		Patamar	0,2	0,2	0,2						
	V3	Efeito pepita	0,1	0,1	0,1	0,35	0,27	0,43	moderado	Moderado	moderado
		Alcance	163489	83529	63459						
		Patamar	0,2	0,2	0,2						

¹esf.: esférico; exp.: exponencial; gaus.: gaussiano

Continuação...

Tabela 5. Modelos de semivariogramas de veranicos da classe V1, V2 e V3 no regime pluviométrico muito seco, seco, normal, chuvoso e muito chuvoso de 1990 a 2019 do Estado do Ceará

Regime	Classe	Parâmetros	Modelo ¹			Coeficiente efeito pepita			Classificação		
			Esf.	Exp.	Gaus.	Esf.	Exp.	Gaus.	Esf.	Exp.	Gaus.
Muito chuvoso	V1	Efeito pepita	0,7	0,6	0,5	0,48	0,40	0,39	moderado	moderado	moderado
		Alcance	170246	62044	20284						
		Patamar	1,5	1,5	1,2						
	V2	Efeito pepita	0,1	0,1	0,1	0,04	0,00	0,41	Moderada	-	Moderada
		Alcance	4460806	48034511	110581						
		Patamar	3,3	54,5	0,3						
	V3	Efeito pepita	0,1	0,1	0,1	0,42	0,34	0,49	Moderada	Moderada	Moderada
		Alcance	140841	59358	55967						
		Patamar	0,2	0,2	0,2						

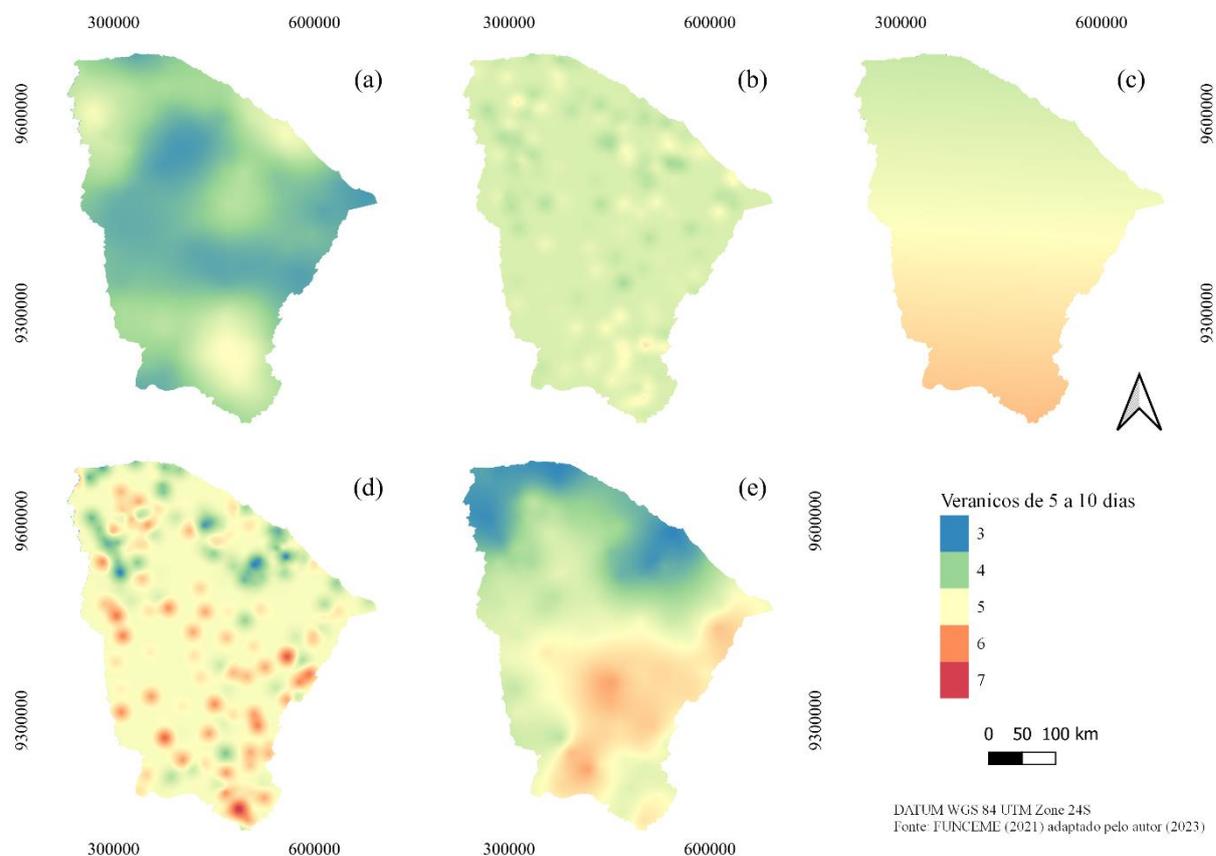
¹esf.: esférico; exp.: exponencial; gaus.: gaussiano

Conclusão

No ano muito seco, a quantidade de V1 variou de 3,22 a 5,17 eventos (Figura 9a), com maior frequência no Litoral de Fortaleza, Litoral Norte (Granja), Ibiapaba e Cariri, tal fato pode ser explicado devido a estas regiões apresentarem os maiores volumes de chuvas no cenário muito seco (Figura 9a). Enquanto as menores incidências de veranicos de 5 a 10 dias foram registradas na região central, leste e noroeste do Estado, mais precisamente em partes do Sertão Central e do Inhamuns e Jaguaribana. Cabe ressaltar que em anos com restrições hídricas a menor ocorrência de veranicos curtos indica aumento de eventos de estiagem prolongados (SOARES; NÓBREGA, 2010; ROCHA *et al.*, 2021).

Analisando o regime pluviométrico seco (Figura 9b), os veranicos V1 oscilaram de 4,2 a 5,4 eventos e observou-se que os pontos com maiores intensidades foram dispersos por todo o Estado, com destaque para os municípios de Lavras da Mangabeira, Várzea Alegre, Caririaçu, Granjeiro, Brejo Santo, Iguatu, Fortim, Aracati, Cascavel, Guaiúba, Caridade, Paramoti e Moraújo.

Figura 9. Quantidade média de veranicos com duração de 5 a 10 dias para o regime (a) Muito Seco; (b) Seco; (c) Normal; (d) Chuvoso; (e) Muito Chuvoso



Verificando os anos normais (Figura 9c), os veranicos V1 foram de 4,6 a 5,8 fenômenos, onde observou-se aumento da quantidade de veranicos conforme a proximidade com o sul do Ceará, portanto na parte norte (Litoral) obteve-se as menores quantidades de eventos e ao Sul as maiores incidências de veranicos.

Os anos chuvosos registraram as maiores ocorrências de veranicos com duração de 5 a 10 dias (Figura 9d), os veranicos curtos (V1) variaram de 3,0 a 7,0 eventos, em quase todo o Ceará no qual sobressaiu-se a frequência média de 5,0 veranicos, com manchas de maior ou menor intensidade. Os locais mais impactados (6,0-7,0 fenômenos) foram em partes de Crateús, Aiuaba, Iraporanga, Jati, Icó e Porteiras. Todavia as menores frequências (3,0 veranicos) apresentaram-se principalmente no Litoral de Fortaleza, Maciço de Baturité e na região norte e sul da Ibiapaba.

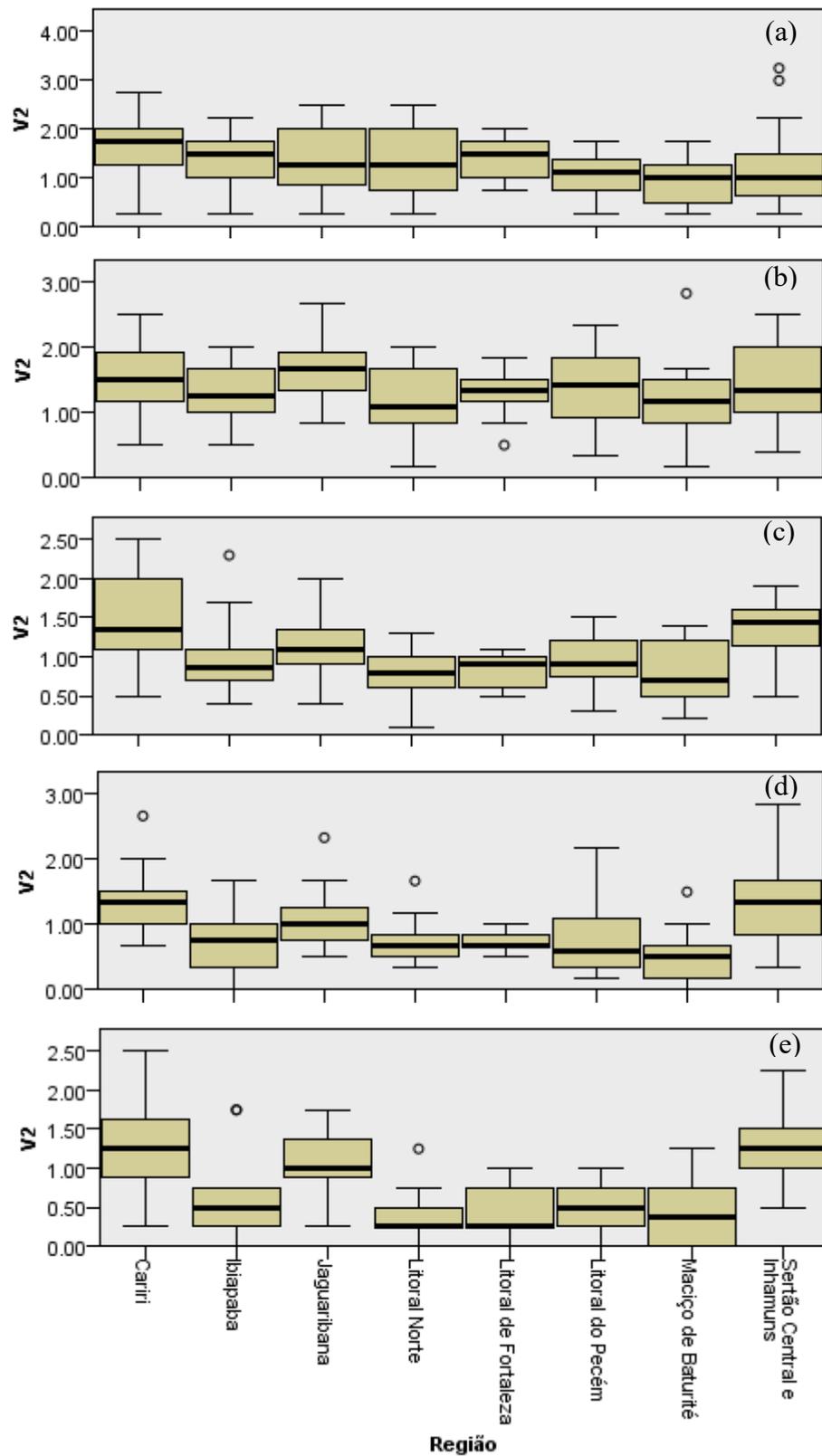
No regime muito chuvoso os veranicos V1 obtiveram incidência de 3,0 a 6,0 eventos, Na Figura 9e observou-se em grande parte do Ceará valores de 5,3-6,0 fenômenos, principalmente no Sertão Central, Jaguaribana e Cariri. Enquanto o Litoral e as regiões de serra (Ibiapaba e Maciço de Baturité) expressaram a menor quantidade de veranicos (3,0-3,7 eventos).

De modo geral, os regimes normal e muito chuvoso apresentaram a mesma propensão de redução dos veranicos de 5 a 10 dias no litoral e zonas serranas. Vale ressaltar que o litoral é a área mais influenciada pela Zona de Convergência Intertropical (MARENGO *et al.*, 2011). Enquanto as regiões com elevadas altitudes apresentam chuvas orográficas, a presença de obstáculos como serras, contribuem para a ascensão da massa de ar úmido, condensação do vapor, formação de nuvens e precipitação (VILLELA; MATOS, 1975; GOBIN; VYVER, 2021; BALTACI; ARSLAN, 2022).

De acordo com o teste de Kruskal-Wallis os veranicos de 11 a 15 dias nas regiões pluviométricas possuem diferenças estatísticas significativas no regime muito seco [$X^2(2) = 21,916$; $p < 0,01$], normal [$X^2(2) = 64,887$; $p < 0,01$], chuvoso [$X^2(2) = 56,549$; $p < 0,01$] e muito chuvoso [$X^2(2) = 98,849$; $p < 0,01$]. Os eventos de estiagem de 11 a 15 dias consistem na segunda classe mais frequente no estado.

No cenário muito seco (Figura 10a) constatou-se distinções dos V2 entre o Cariri e o Maciço de Baturité, Litoral do Pecém e Sertão Central e Inhamuns. O Cariri apresentou quantidades superiores de veranicos de 11 a 15 dias quando comparado com as regiões supracitadas.

Figura 10. Box plots dos veranicos de 11 a 15 dias em cada região pluviométrica homogênea do Ceará em um regime (a) muito seco, (b) seco, (c) normal, (d) chuvoso e (e) muito chuvoso

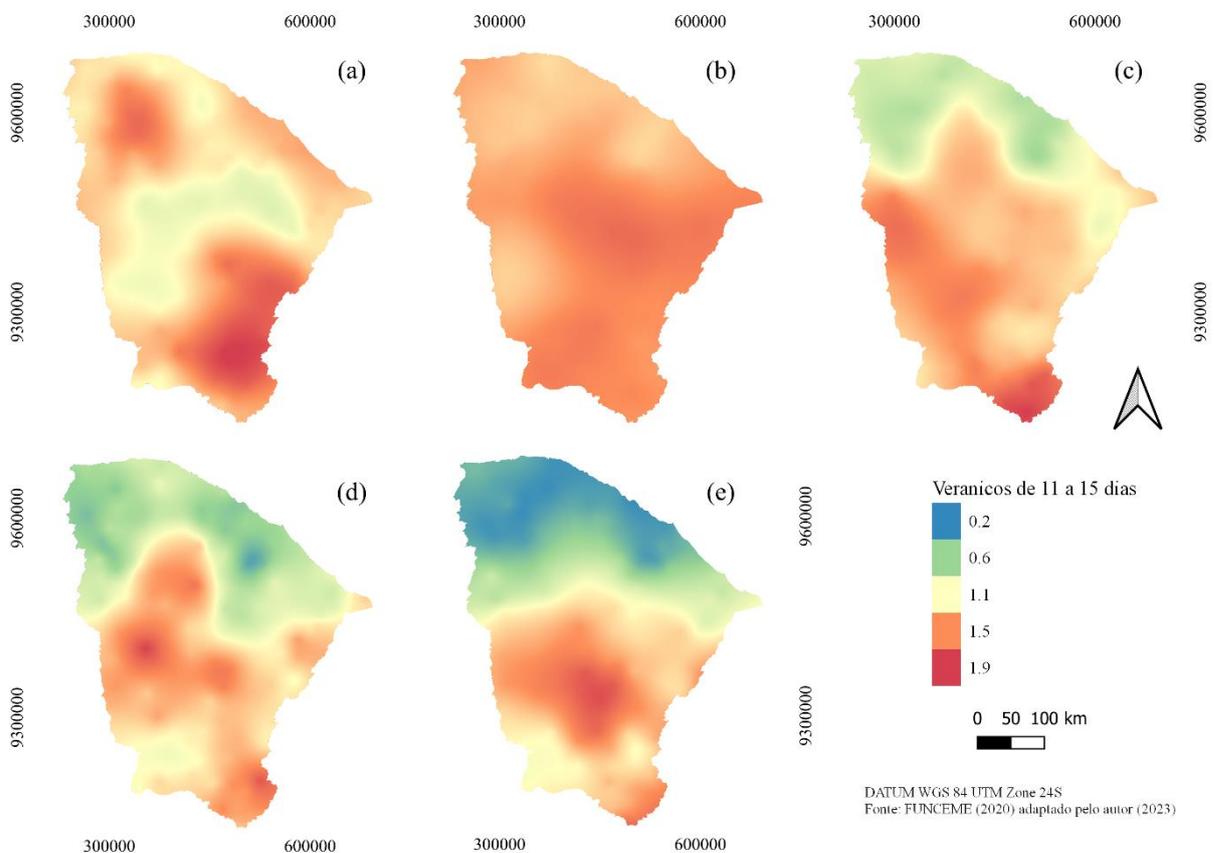


Em um ano normal (Figura 10c) e chuvoso (Figura 10d) o Cariri e o Sertão Central e Inhamuns apresentaram maiores ocorrências de veranicos de 11 a 15 dias quando comparados com o Litoral do Pecém, Ibiapaba, Litoral Norte, Maciço de Baturité e Litoral de Fortaleza.

No regime muito chuvoso (Figura 10e), o Sertão Central e Inhamuns e Jaguaribana demonstraram maior frequência de V2 do que o Litoral do Pecém, Ibiapaba, Litoral Norte, Maciço de Baturité e Litoral de Fortaleza. Enquanto o Cariri se sobressaiu significativamente do Litoral do Pecém, Ibiapaba, Litoral Norte e Maciço de Baturité.

Analisando visualmente a distribuição dos veranicos 11 a 15 dias (V2), o regime muito seco (Figura 11a) apresentou valores de 0,9 a 1,9 veranicos. As regiões mais afetadas (1,7-1,9 fenômenos) foram o Sul do Jaguaribe, Cariri e os municípios de Sobral, Massapé, Meruoca, Alcântaras, Moraújo (Litoral Norte), Cariré e Coreaú (Ibiapaba), com coloração laranja/vermelha. Todavia a parte central do Ceará obteve frequência inferior de 0,9 a 1,2 veranicos.

Figura 11. Quantidade média de veranicos com duração de 11 a 15 dias para o regime (a) Muito Seco; (b) Seco; (c) Normal; (d) Chuvoso; (e) Muito Chuvoso



No cenário seco (Figura 11b) a incidência de veranicos variou de 1,2 a 1,7 eventos, destacando-se o incremento de veranicos no Sertão Central e Jaguaribana. Enquanto observou-se redução dos fenômenos no sul dos Inhamuns, zona litorânea, Ibiapaba e Maciço de Baturité. A categoria V2 no Ceará em anos normais foi de 0,7 a 1,9 veranicos (Figura 11c), em uma avaliação espacial verificou-se que as áreas mais afetadas foram o Sertão de Inhamuns e o Cariri. Em contrapondo o norte do estado apresentou diminuição dos eventos de estiagem.

No cenário chuvoso, na classe V2 (Figura 11d) constatou-se quantidade de veranicos entre 0,4 e 1,8, com frequência superior em localidades do Sertão de Inhamuns e Central e no Cariri. Vale destacar o município de Independência que expôs em torno de 1,8 veranicos com durabilidade de 11 a 15 dias.

Os veranicos de 11 a 15 dias (V2) no regime muito chuvoso variaram de 0,2 a 1,8 eventos, os maiores registros foram em Mombaça, Acopiara, Piquet Carneiro, Deputado Irapuan Pinheiro e Jucás com 1,8 eventos por localidade (Figura 11e). Além disso observou-se no Sul do Cariri e Centro do Ceará a incidência de 1,4 veranicos. Para Mbanyele *et al.* (2021) os efeitos dos veranicos curtos e medianos se tornam mínimos no âmbito econômico e agrícola dos sistemas agrícolas.

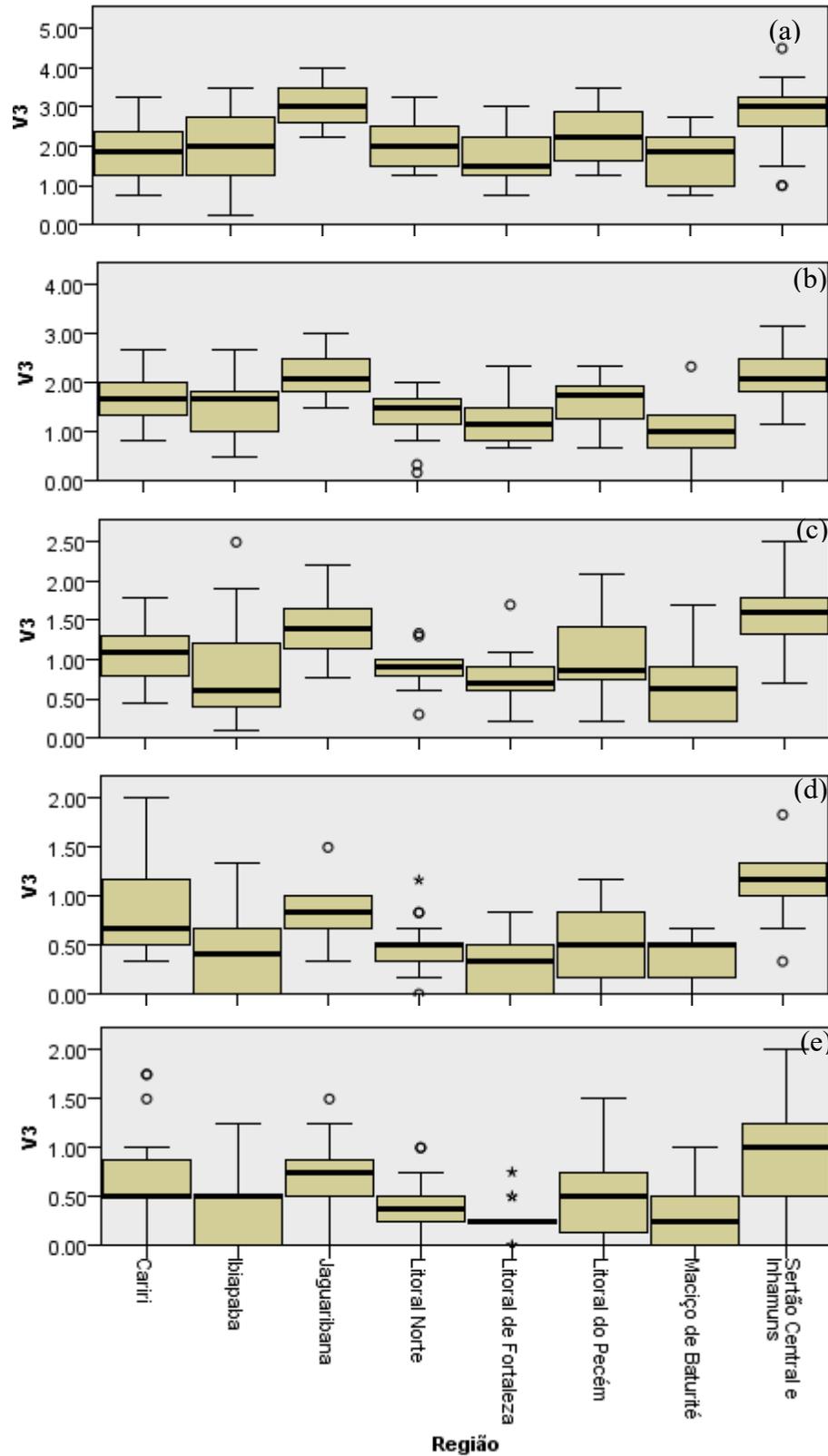
No entanto conforme Sakamoto *et al.* (2015) os veranicos a partir de 10 dias apresentam impactos na agricultura de sequeiro e correlacionam-se positivamente com a perda de safra de culturas temporárias, a redução da produção pode chegar até a 73% em um ano seco, no qual a região do Sertão Central e Inhamuns se apresenta mais vulnerável, independente do cenário hídrico, por causa da maior quantidade de veranicos superiores a 10 dias.

Resultados semelhantes foram encontrados por Rocha *et al.* (2020), os pesquisadores estudaram a ocorrência de veranicos durante o cenário chuvoso e descobriram que os eventos superiores a 11 dias se restringiram a região sul do Sertão Central e Inhamuns.

O teste de Kruskal-Wallis para os veranicos superiores a 15 dias verificou diferenças significativas entre as regiões pluviométricas homogêneas, no regime muito seco [$X^2(2) = 58,660$; $p < 0,01$], seco [$X^2(2) = 67,310$; $p < 0,01$], normal [$X^2(2) = 71,085$; $p < 0,01$], chuvoso [$X^2(2) = 82,537$; $p < 0,01$] e muito chuvoso [$X^2(2) = 44,516$; $p < 0,01$].

No cenário muito seco (Figura 12a), o Sertão Central e Inhamuns e Jaguaribana apresentaram maior ocorrência de V3 do que o Cariri, Ibiapaba, Litoral Norte, Maciço de Baturité e Litoral de Fortaleza. Vale ressaltar que as duas regiões que se destacaram apresentaram menores quantidades de V1 no regime muito seco portanto quanto menor a incidência de veranicos curtos maior a possibilidade de ocorrência de veranicos com maiores durações.

Figura 12. Box plots dos veranicos superiores a 15 dias em cada região pluviométrica homogênea do Ceará em um regime (a) muito seco, (b) seco, (c) normal, (d) chuvoso e (e) muito chuvoso



Em condições secas (Figura 12b), a quantidade de veranicos maiores do que 15 dias no Sertão Central e Inhamuns e Jaguaribana se mostrou superior ao Cariri, Ibiapaba, Litoral Norte, Maciço de Baturité e Litoral de Fortaleza. No regime normal (Figura 12c), o Sertão Central e Inhamuns demonstrou diferenças com o Litoral do Pecém, Cariri, Ibiapaba, Litoral Norte, Maciço de Baturité e Litoral de Fortaleza. À medida que a frequência de veranicos foi maior em Jaguaribana quando comparado com Ibiapaba, Litoral Norte, Maciço de Baturité e Litoral de Fortaleza.

Em condições chuvosas (Figura 12d), o Sertão Central e Inhamuns obteve maior ocorrência de V3 do que o Litoral do Pecém, Ibiapaba, Litoral Norte, Maciço de Baturité e Litoral de Fortaleza. Enquanto o Cariri e Jaguaribana se diferenciaram do Maciço de Baturité e Litoral de Fortaleza.

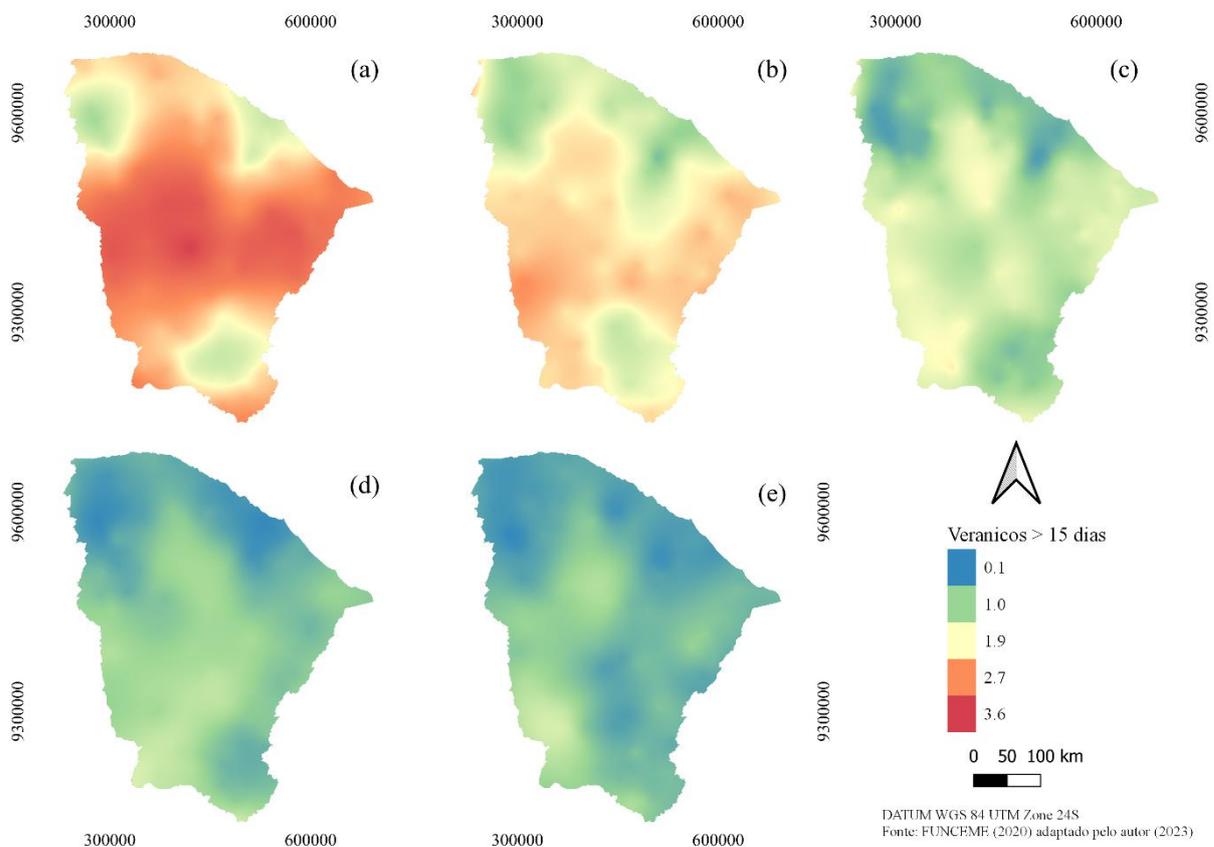
No cenário muito chuvoso (Figura 12e) a frequência de veranicos com duração superior a 15 dias no Sertão Central e Inhamuns foi diferente da Ibiapaba, Litoral Norte, Maciço de Baturité e Litoral de Fortaleza. À medida que Jaguaribana distinguiu-se do Litoral de Fortaleza.

O Sertão Central e Inhamuns obteve as maiores incidências de veranicos superiores a 15 dias em todos os cenários hídricos, tal fato encontra-se associado aos problemas de constituição e distribuição da precipitação (MORO *et al.*, 2015). Logo, a localidade se encontra susceptíveis aos veranicos de longa duração (NOGUEIRA *et al.*, 2023).

Avaliando a distribuição espacial dos veranicos superiores a 15 dias (V3) verificou-se que a maior ocorrência aconteceu em anos muito secos, no qual os números variaram de 1,1 a 3,6, onde os valores máximos foram encontrados no Sertão Central e Inhamuns e Jaguaribana (Figura 13a). Enquanto o Litoral do Pecém, Litoral de Fortaleza, Litoral Norte, Ibiapaba, Maciço de Baturité e Cariri obtiveram as menores incidências de V3 com 1,08 a 2,32 veranicos.

No cenário seco observou-se variação de 0,8 a 2,7 veranicos do tipo V3 (Figura 13b), em que as zonas com maiores e menores incidências seguiram a mesma tendência do cenário muito seco. A localidade de Jaguaribana apresenta desvios pluviométricos negativos e a presença frequente de veranicos maiores do que 15 dias (ROCHA *et al.*, 2020). Ainda conforme os autores, os anos secos apresentaram frequência superior de veranicos >15 dias no Sertão Central, Sertão de Inhamuns e Jaguaribana.

Figura 13. Quantidade média de veranicos com duração superior a 15 dias para o regime (a) Muito Seco; (b) Seco; (c) Normal; (d) Chuvoso; (e) Muito Chuvoso



O regime normal demonstrou regiões com 0,4 a 2,0 eventos superiores a 15 dias (Figura 13c), com área de maior incidência no Sertão Central e Inhamuns e Jaguaribana (1,2 a 2,0 veranicos). As regiões supracitadas apresentaram os menores índices de distribuição de chuvas (IDC), mesmo em anos de chuvas na normalidade, a desuniformidade da precipitação durante os meses da quadra chuvosa resultou em longos períodos secos nestas localidades do Ceará (ROCHA *et al.*, 2021). Para Nogueira *et al.* (2023), mesmo em cenários com maior aporte hídrico, essas regiões não sofrem alterações temporais na ocorrência das chuvas, apenas incrementos no volume precipitado.

O número de V3 nos anos chuvosos variou de 0,1 a 1,5 eventos (Figura 13d), no qual observou-se as maiores quantidades no Sertão Central e Inhamuns (0,84 a 1,54 eventos). Os menores valores de V3 foram no Litoral, Ibiapaba, Maciço de Baturité, Sul do Jaguaribe e Centro do Cariri (0,1 a 0,8 veranicos). Avaliando a espacialização dos veranicos V3 nos regimes muito seco, seco, normal e chuvoso observou-se que independente do cenário, a região do Sertão Central e Inhamuns se mostra favorável para a ocorrência de fenômenos superiores a 15 dias.

Os resultados estão de acordo com o estudo de Lima e Lira (2021) que avaliaram a ocorrência de fenômenos extremos no Ceará, os autores constataram que os municípios localizados no sertão são os mais acometidos por desastres naturais. No geral, o estado apresentou 3.438 registros de secas e estiagem no período de 1991 a 2019 e os locais mais impactados foram o Sertão Central e Sertão de Inhamuns variando de 20 a 37 desastres naturais por municípios durante a série histórica.

O aumento de períodos de estiagem prolongados na região do Sertão Central e Inhamuns mostra a fragilidade da região para desenvolver a agricultura de sequeiro (FERNANDES, 2014; SAKAMOTO *et al.*, 2015; ROCHA *et al.*, 2020; ROCHA *et al.*, 2021). Os impactos dependem do estágio fenológico da cultura, em que longos períodos secos podem englobar diferentes fases do ciclo, principalmente os mais sensíveis a falta de água (DARYANTO; WANG; JACINTHE, 2016; MBANYELE *et al.*, 2021). Quanto maior o período seco menor a reposição de água no solo e menor a garantia de suprimento hídrico adequado para a planta, afetando as atividades metabólicas e os rendimentos produtivos (FERNANDES *et al.*, 2015; BAL *et al.*, 2022).

No regime muito chuvoso os veranicos maiores do que 15 dias oscilaram de 0,1 a 1,5 eventos (Figura 13e), apresentando números parecidos ao cenário chuvoso. No entanto a distribuição espacial dos eventos foi diferente, em mais da metade do Ceará observou-se de 0,1 a 0,8 veranicos. Vale destacar que as cidades com maior ocorrência da classe V3 durante o cenário chuvoso foram Aiuaba, Parambu, Arneiroz e Campos Sales.

Os resultados indicaram que apesar do regime pluviométrico chuvoso e muito chuvoso apresentarem bom aporte de chuvas, alguns municípios ainda se encontram condicionados a enfrentar problemas por ocasião da distribuição desuniforme da precipitação, questões também observadas nos estudos de Sakamoto *et al.* (2015) e Rocha *et al.* (2021).

4.3.3 Produção de feijão-caupi

A produtividade de feijão no Ceará foi de $286 \pm 85 \text{ kg ha}^{-1}$. O rendimento mostrou-se inferior ao potencial produtivo da cultura, em consequência do manejo adotado, a baixa adesão de tecnologias pelos agricultores e a variabilidade climática (MENEZES; BRITO; LIMA, 2010; BAI *et al.*, 2022). Em outras regiões do país, como o Centro-Oeste, verificou-se produtividade de até 1008 kg ha^{-1} (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2018). Ainda vale reiterar que o Ceará manifestou durante 1990 e 2019 o total de 39.382 veranicos, tal fato aliado aos outros fatores interfere na capacidade produtiva da cultura.

Resultados parecidos foram obtidos em pesquisas desenvolvidas no semiárido brasileiro, Vasconcelos *et al.* (2019) encontraram rendimento médio de 273 ± 93 kg ha⁻¹ para o Ceará. Enquanto Silva *et al.* (2020) constataram produtividade de 360 kg ha⁻¹ na Paraíba.

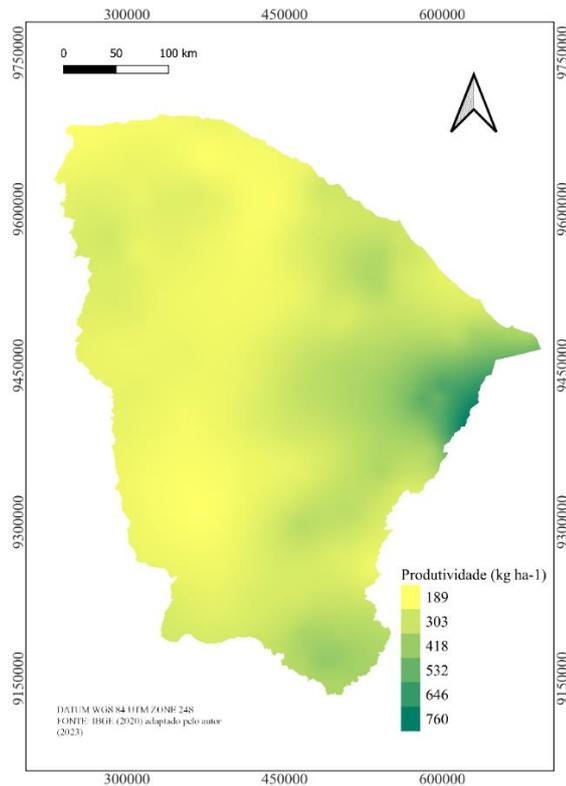
Os mapas gerados nesta seção adotaram o modelo gaussiano, conforme a Tabela 6, de acordo com os motivos supracitados nos tópicos anteriores.

Tabela 6. Modelos de semivariogramas da produtividade média de feijão-caupi na série histórica de 1990-2019 no regime pluviométrico muito seco, seco, normal, chuvoso e muito no Estado do Ceará

Regime	Parâmetros	Modelo			Coeficiente efeito pepita			Classificação		
		Esférico	Exponencial	Gaussiano	Esférico	Exponencial	Gaussiano	Esférico	Exponencial	Gaussiano
Geral	Efeito pepita	2067	2096	3119	0,10	0,02	0,20	Forte	Forte	Forte
	Alcance	412030	1257014	121442						
	Patamar	21049	89105	15452						
Muito seco	Efeito pepita	9158	8140	10092	0,05	0,01	0,39	Forte	Forte	Moderado
	Alcance	4913548	12424138	173480						
	Patamar	194889	817758	25741						
Seco	Efeito pepita	6382	5831	6653	0,00	0,00	0,04	-	-	Forte
	Alcance	4855590	15557057	162180						
	Patamar	4937289	16003086	175098						
Normal	Efeito pepita	3020	2986	3489	0,01	0,01	0,03	Forte	Forte	Forte
	Alcance	271810,2	341144	107567						
	Patamar	280684	356204	115902						
Chuvoso	Efeito pepita	3219	3218	4055	0,01	0,01	0,03	Forte	Forte	Forte
	Alcance	206940,3	218399,7	107344						
	Patamar	217448	234217	118419						
Muito chuvoso	Efeito pepita	4605	3900	5045	0,00	0,00	0,02	-	-	Forte
	Alcance	3527176	9140303	192376						
	Patamar	3599320	9459267	206461						

A produtividade do feijão no Ceará variou de 189 a 760 kg ha⁻¹ (Figura 14), em quase todo o estado observou-se os valores mínimos, com ressalva para Jaguaribara que se destacou positivamente alcançando os maiores rendimentos.

Figura 14. Produtividade média (1990-2019) do feijão-caupi no Ceará

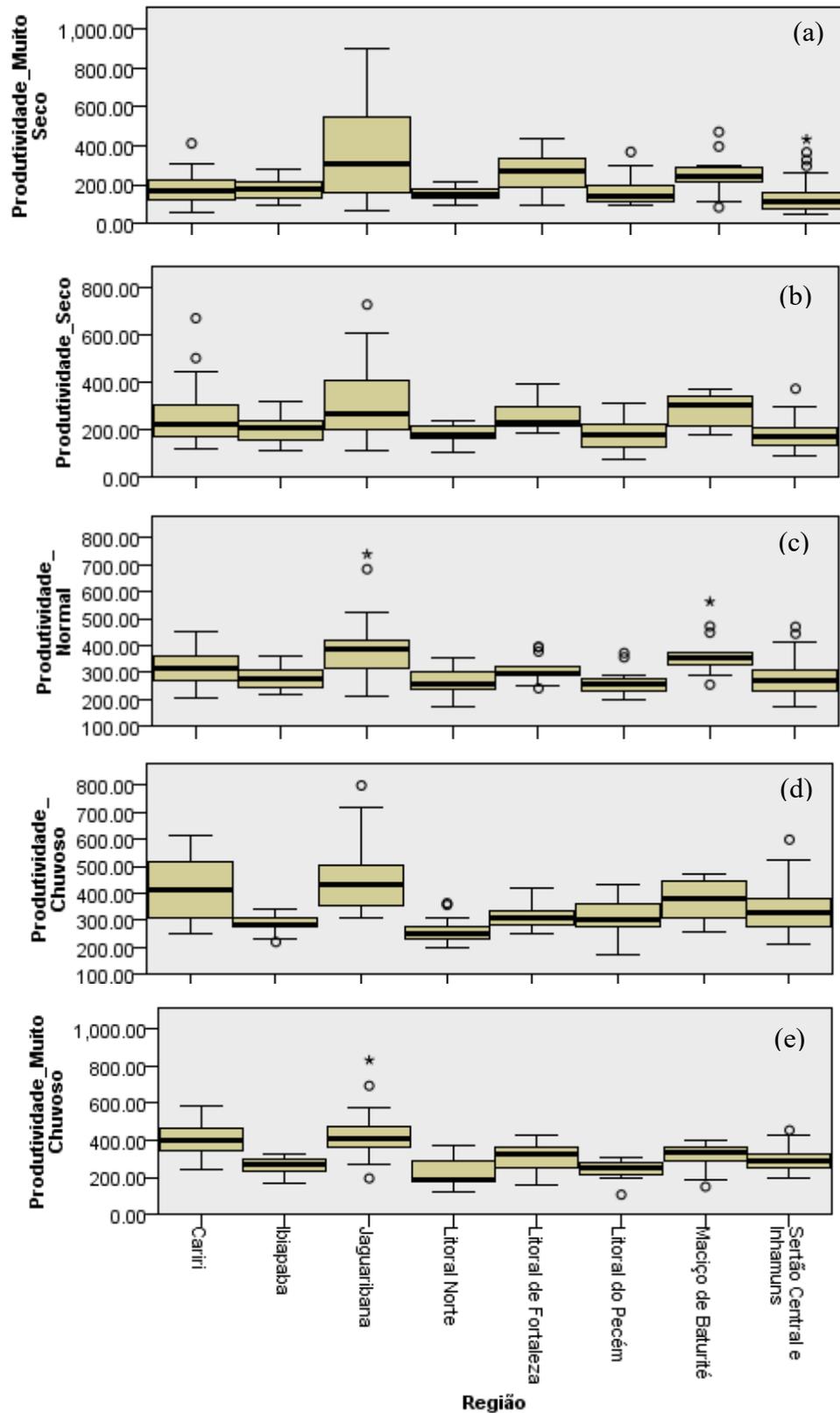


Os rendimentos de culturas temporárias, como o feijão, se modificam anualmente e se encontram correlacionados com a presença de El Niño, La Niña e Dipolo, eventos meteorológicos que determinam o volume e distribuição das chuvas (VASCONCELOS *et al.*, 2019).

As regiões pluviométricas homogêneas apresentaram diferenças entre si na produtividade de feijão-caupi (kg ha⁻¹) nos regimes muito seco [$X^2(2) = 46,458$; $p < 0,01$], seco [$X^2(2) = 43,185$; $p < 0,01$], normal [$X^2(2) = 49,990$; $p < 0,01$], chuvoso [$X^2(2) = 73,103$; $p < 0,01$] e muito chuvoso [$X^2(2) = 87,054$; $p < 0,01$].

Em um cenário muito seco (Figura 15a), a produtividade do Sertão Central e Inhamuns foi inferior ao Maciço de Baturité, Litoral de Fortaleza e Jaguaribana enquanto Jaguaribana apresentou rendimentos maiores do que o Litoral Norte e Litoral do Pecém.

Figura 15. Box plots da produtividade de feijão-caupi (kg ha^{-1}) em cada região pluviométrica homogênea do Ceará em um regime (a) muito seco, (b) seco, (c) normal, (d) chuvoso e (e) muito chuvoso



No cenário seco (Figura 15b) e normal (Figura 15c) os rendimentos de Jaguaribana e do Maciço de Baturité foram superiores ao Litoral do Pecém, Litoral Norte e o Sertão Central e Inhamuns. O Maciço de Baturité encontra-se beneficiado pela presença de solos profundos que permitem o armazenamento de água e a diminuição do estresse hídrico para as plantas durante os veranicos (ROCHA *et al.*, 2020). Enquanto Jaguaribana dispõe do rio Jaguaribe para o fornecimento de água na região (AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DO CEARÁ - ADECE, 2011).

Rocha *et al.* (2021) encontraram em Jaguaribana correlação negativa entre perda de safra do feijão e número de veranicos, para os autores tal relação é justificada pelo uso de irrigação por parte dos agricultores que cultivam no perímetro irrigado localizado em Limoeiro do Norte.

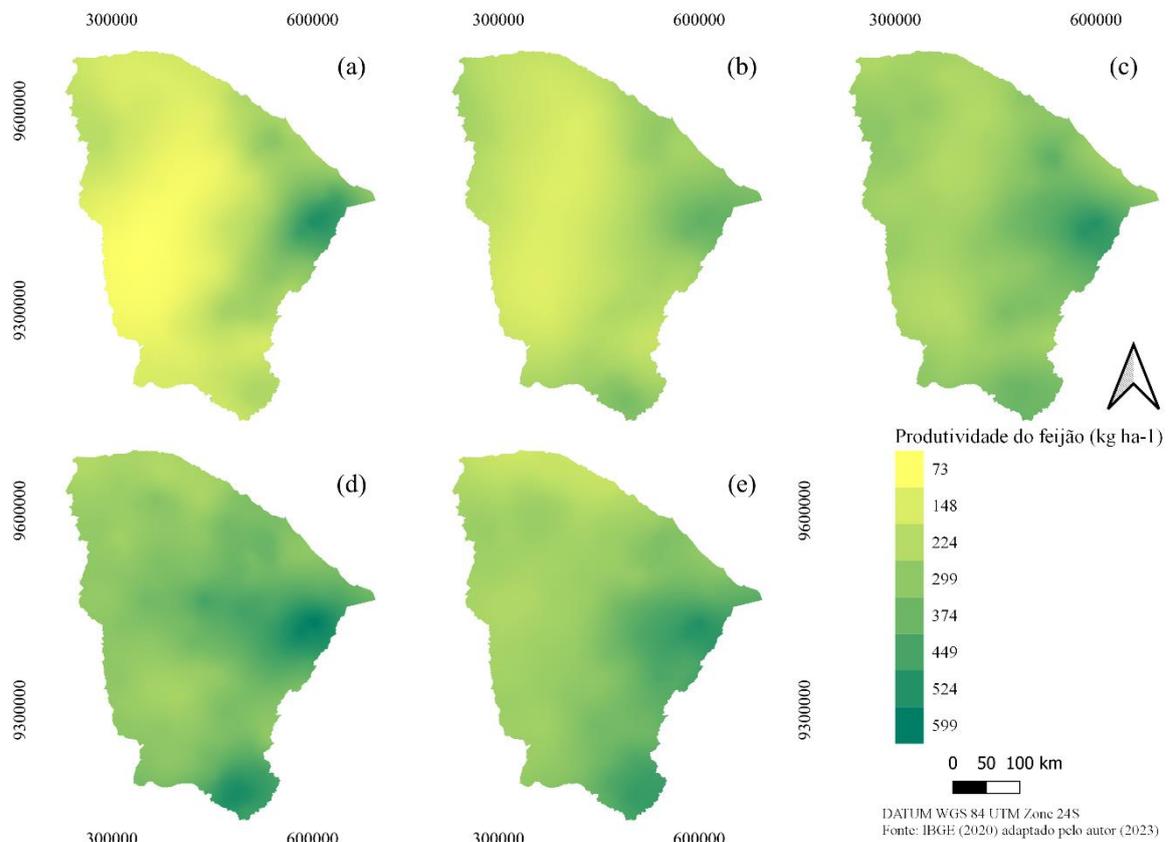
No regime chuvoso (Figura 15d) a produção por área do feijão no Sertão Central e Inhamuns, Maciço de Baturité e Cariri foi maior do que o Litoral Norte. À medida que Jaguaribana apresentou produtividade superior ao Litoral Norte, Ibiapaba, Litoral do Pecém, Litoral de Fortaleza e Sertão Central e Inhamuns. A redução da produtividade nas zonas litorâneas encontra-se associado ao excesso hídrica, a saturação de água no solo se mostra prejudicial ao manejo e desenvolvimento das culturas (OLIVEIRA *et al.*, 2017).

No cenário muito chuvoso (Figura 15e), o rendimento do feijão-caupi no Litoral Norte se mostrou inferior ao Litoral de Fortaleza, Maciço de Baturité, Cariri e Jaguaribana. Também a produtividade no Sertão Central e Inhamuns, Ibiapaba e Litoral do Pecém foi menor do que no Cariri e Jaguaribana.

Em uma espacialização da produtividade conforme os cenários hídricos, no ano muito seco (Figura 16a) verificou-se mínimo e máximo de 73 e 531 kg ha⁻¹, respectivamente (Figura 16a) e o cenário seco apresentou rendimentos entre 137 e 396 kg ha⁻¹ (Figura 16b). Vale ressaltar que Jaguaribana se destacou positivamente mesmo durante um ano extremo de estiagem, enquanto as outras RPH apresentaram os menores valores entre os cenários.

No regime normal a produtividade do feijão-caupi foi de 220 a 519 kg ha⁻¹ (Figura 16c) enquanto o chuvoso variou de 231 a 599 kg ha⁻¹ (Figura 16d) e o muito chuvoso de 177 a 527 kg ha⁻¹ (Figura 16e).

Figura 16. Produtividade média do feijão-caupi (kg ha^{-1}) no regime (a) Muito Seco; (b) Seco; (c) Normal; (d) Chuvoso; (e) Muito Chuvoso



Independente do cenário hídrico verificou-se que as regiões de Jaguaribana e Cariri se destacaram na produção do feijão. O desempenho positivo de Jaguaribana encontra-se condicionado a presença do Perímetro Irrigado Jaguaribe Apodi, no qual o abastecimento de água é assegurado pelo rio Jaguaribe (AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DO CEARÁ - ADECE, 2011). Em relação ao Cariri, a região demonstrou redução nas quantidades de veranicos longos (Figura 13) de modo a garantir o suprimento hídrico durante todo o ciclo da cultura.

Também vale salientar que no cenário muito chuvoso foi observado queda da produtividade em alguns municípios, principalmente do Sertão Central e Inhamuns, anos com elevados volumes de chuvas são marcados por enxurradas, além disso o excesso hídrico pode prejudicar o desempenho das culturas e resultar em perdas de produção (LIMA; LIRA, 2021; ROCHA *et al.*, 2021). A redução da produtividade nas zonas litorâneas também pode se encontrar associada a não adoção de culturas temporárias por parte dos agricultores das regiões (NOGUEIRA *et al.*, 2023).

4.3.4 Produtividade de feijão x Veranicos x Precipitação

O coeficiente de correlação de *Spearman* indica o grau de associação entre as variáveis e é classificado da seguinte forma: < 0,30 – fraco; 0,30 a 0,70 – moderado; e > 0,70 – forte (STEVENSON, 1981).

O ano muito seco apresentou correlação negativa moderada entre as classes de veranicos (Tabela 7), indicando que a presença de veranicos de 5 a 10 dias (V1) e de 11 a 15 dias (V2) reduz a frequência de veranicos > 15 dias (V3), da mesma forma que a diminuição de V1 e V2 aumenta a incidência de V3. Também se observou correlação negativa moderada entre a precipitação e os veranicos V3, ou seja, o incremento da precipitação restringe a presença de veranicos mais intensos e prolongados enquanto a atenuação do volume das chuvas resulta em aumento dos dias secos.

Ainda cabe ressaltar, embora de maneira fraca, a correlação negativa entre o total de veranicos, produtividade do feijão e os fenômenos superiores a 15 dias. Os veranicos com mais de 15 dias contabilizam menos no total absoluto, além disso os V3 também prejudicam nos rendimentos do feijão. Resultados semelhantes foram encontrados por Menezes, Brito e Lima (2010), que verificaram o efeito do clima no cultivo do feijão, e constataram que os longos períodos de estiagem (veranicos) resultaram em diminuição na produção.

Ainda no cenário muito seco (Tabela 7), a precipitação demonstrou relação positiva com a classe V1, tal fato aponta que o aumento da precipitação ocasiona no acréscimo de veranicos de 5 a 10 dias. Também se verificou forte correlação positiva entre a categoria V1 e o total de veranicos, no qual o aumento de veranicos menores incrementa o total de eventos de estiagem enquanto a redução de veranicos de 5 a 10 dias atenua o total de fenômenos.

Tabela 7. Coeficiente de Correlação de *Spearman* entre as variáveis V1, V2, V3, veranicos totais, precipitação e produtividade de feijão-caupi para o ano muito seco

	Muito Seco ¹						
	V1	V2	V3	Total	Produtividade	Precipitação	
V1	1,00						
V2	0,01	1,00					
V3	-0,53**	-0,39**	1,00				
Total	0,78**	0,31**	-0,19**	1,00			
Produtividade	0,11**	0,01	-0,18**	0,03	1,00		
Precipitação	0,32**	0,16**	-0,55**	0,08*	0,20**	1,00	

¹V1: 5 a 10 dias; V2: 10 a 15 dias; V3: > 15 dias; total de veranicos; produtividade do feijão

**Correlação significativa ao nível de 1%; *Correlação significativa ao nível de 5%

Para finalizar o cenário muito seco, a produtividade do feijão se correlacionou positivamente com os V1 (Tabela 7). Devido ao curto período, os veranicos de 5 a 10 dias apresentam regular distribuição hídrica ao decorrer do ciclo da cultura (FERNANDES *et al.*, 2015).

No cenário seco verificou-se moderada correlação negativa entre V3, V1 e precipitação (Tabela 8), isto aponta que a presença de veranicos curtos reduz a ocorrência de veranicos longos e a diminuição de veranicos curtos aumenta a frequência de veranicos longos.

Assim como, ainda que fraca, constatou-se relação negativa significativa entre V1, V2, V3 e precipitação. Portanto quanto maior o número de veranicos de 11 a 15 dias menor a quantidade de fenômenos com duração de 5 a 10 dias (V1) e superiores a 15 dias (V3), ao mesmo tempo que o aumento da frequência de V1 e V3 reduz a quantidade de eventos V2. Também se verificou que o volume de chuvas apresenta correlação inversamente proporcional com os veranicos do tipo 2.

Tabela 8. Coeficiente de Correlação de *Spearman* entre as variáveis V1, V2, V3, veranicos totais, precipitação e produtividade de feijão-caupi para o ano seco

	Seco ¹					
	V1	V2	V3	Total	Produtividade	Precipitação
V1	1,00					
V2	-0,14**	1,00				
V3	-0,39**	-0,22**	1,00			
Total	0,77**	0,24**	0,01	1,00		
Produtividade	0,10**	0,01	-0,19**	0,01	1,00	
Precipitação	0,05	-0,10**	-0,52**	-0,28**	0,18**	1,00

¹V1: 5 a 10 dias; V2: 10 a 15 dias; V3: > 15 dias; total de veranicos; produtividade do feijão

**Correlação significativa ao nível de 1%; *Correlação significativa ao nível de 5%

No cenário seco (Tabela 8) ocorreu associação negativa entre a produtividade de feijão e V3, de modo que os veranicos > 15 dias, ainda de maneira branda, se relacionam de forma desfavorável com os rendimentos do feijão.

Da mesma maneira do regime muito seco, no cenário seco os veranicos do tipo V1 e o total de veranicos apresentaram intensa relação positiva. Ao mesmo tempo que a categoria V2 e o total de veranicos também apresentaram correlação positiva, embora fraca, vide Tabela 8. Desde modo os eventos V1 e V2 contribuem significativamente para a quantidade geral de fenômenos.

O cenário normal demonstrou correlação negativa entre V1, V2, V3, total de veranicos e a precipitação (Tabela 9), à medida que uma variável aumenta a outra diminui. Por meio da análise vale destacar que quanto maior o volume de chuvas menor a frequência dos eventos de V1, V2, V3 e do total de veranicos, enquanto a redução da precipitação aumenta a ocorrência de veranicos.

Tabela 9. Coeficiente de Correlação de *Spearman* entre as variáveis V1, V2, V3, veranicos totais, precipitação e produtividade de feijão-caupi para o ano normal

	Normal					
	V1	V2	V3	Total	Produtividade	Precipitação
V1	1,00					
V2	-0,07**	1,00				
V3	-0,40**	-0,09**	1,00			
Total	0,80**	0,32**	0,01	1,00		
Produtividade	0,09**	-0,03	-0,20**	-0,02	1,00	
Precipitação	-0,06*	-0,21**	-0,49**	-0,40**	0,09**	1,00

¹V1: 5 a 10 dias; V2: 10 a 15 dias; V3: > 15 dias; total de veranicos; produtividade do feijão

**Correlação significativa ao nível de 1%; *Correlação significativa ao nível de 5%

No que se refere as correlações positivas, no regime normal constatou-se a presença do tipo fraca, moderada e forte (Tabela 9). A correlação fraca ocorreu entre o V1 e a produção de feijão, mesmo de maneira branda os veranicos V1 colaboram para a produtividade do feijoeiro. A correlação moderada foi entre V2 e o total de veranicos, expondo a importância dos veranicos de 10 a 15 dias para o total absoluto de fenômenos de estiagem durante um ano normal.

A correlação forte aconteceu entre o V1 e o total de veranicos, conforme a Tabela 9, os resultados mostraram que a classe V1 e V2 são mais frequentes do que V3 durante um ano normal. A menor ocorrência de veranicos V3 está associada a melhor distribuição das chuvas durante cenários normais de precipitação anual (ROCHA *et al.*, 2021).

No regime chuvoso observou-se correlação negativa, moderada, entre o V3, total de veranicos e a precipitação (Tabela 10) e correlação negativa, fraca, entre V1, V2 e precipitação. Além disso, os veranicos de 5 a 10 dias (V1) também apresentaram tendência inversamente proporcional aos veranicos > 15 dias (V3). Reiterando os resultados supracitados nos cenários anteriores, no qual a maior presença de veranicos curtos aponta menor frequência de veranicos longos e a menor frequência de veranicos curtos significa aumento dos dias secos consecutivos.

Tabela 10. Coeficiente de Correlação de *Spearman* entre as variáveis V1, V2, V3, veranicos totais, precipitação e produtividade de feijão-caupi para o ano chuvoso

	Chuvoso					
	V1	V2	V3	Total	Produtividade	Precipitação
V1	1,00					
V2	-0,05	1,00				
V3	-0,21**	-0,03	1,00			
Total	0,82**	0,33**	0,16**	1,00		
Produtividade	0,06	0,09**	0,01	0,10**	1,00	
Precipitação	-0,23**	-0,23**	-0,43**	-0,51**	-0,18**	1,00

¹V1: 5 a 10 dias; V2: 10 a 15 dias; V3: > 15 dias; total de veranicos; produtividade do feijão

**Correlação significativa ao nível de 1%; *Correlação significativa ao nível de 5%

As correlações positivas no regime chuvoso foram observadas entre V1, V2 e total de veranicos (Tabela 10), no qual os eventos de 5 a 10 dias incrementaram o total absoluto de fenômenos de estiagem. Também foi possível constatar relação positiva entre os veranicos de 11 a 15 dias e o total de veranicos,

No cenário hídrico muito chuvoso a precipitação apresentou correlação negativa significativa com V1, V2, V3, total de veranicos e produtividade de feijão, Tabela 11. À medida que o volume de chuvas aumenta ocorre redução dos veranicos.

Vale destacar que a precipitação se correlacionou negativamente com a produtividade do feijão (Tabela 11). A distribuição das chuvas de maneira regular se mostra imprescindível até nos cenários hídricos com maiores alturas pluviométricas (SILVA *et al.*, 2020). Os cenários chuvosos e muito chuvosos apresentam maior presença de chuvas intensas, enxurradas e inundações (LIMA; LIRA, 2021). Prejudicando o desenvolvimento do feijão-caupi que é uma cultura sensível aos excedentes hídricos (FRANCISCO *et al.*, 2017; OLIVEIRA *et al.*, 2017).

Tabela 11. Coeficiente de Correlação de *Spearman* entre as variáveis V1, V2, V3, veranicos totais, precipitação e produtividade de feijão-caupi para o ano muito chuvoso

	Muito Chuvoso					
	V1	V2	V3	Total	Produtividade	Precipitação
V1	1,00					
V2	0,12**	1,00				
V3	-0,21**	-0,01	1,00			
Total	0,86**	0,47**	0,12**	1,00		
Produtividade	0,27**	0,13**	-0,07	0,27**	1,00	
Precipitação	-0,36**	-0,37**	-0,37**	-0,58**	-0,20**	1,00

¹V1: 5 a 10 dias; V2: 10 a 15 dias; V3: > 15 dias; total de veranicos; produtividade do feijão

**Correlação significativa ao nível de 1%; *Correlação significativa ao nível de 5%

Em condições muito chuvosas verificou-se relação positiva significativa, embora fraca, entre V1, V2, total de veranicos e produtividade do feijão. A produtividade do feijão-caupi apresentou tendência de incremento conforme o aumento de veranicos V1, V2 e total.

Os anos extremos (muito secos e muito chuvosos) se encontraram sujeitos a queda de rendimento de forma acentuada. No cenário muito seco devido a ocorrência de veranicos prolongados e a menor quantidade de chuvas, enquanto os anos chuvosos apresentam excesso hídrico que prejudica o estabelecimento e crescimento das culturas (ROCHA *et al.*, 2021). Nestas condições se torna essencial a adoção de medidas adaptadas para a variabilidade climática com a finalidade de reduzir as incertezas acerca da agricultura de sequeiro da região (GOBIN; VYVER, 2021; BAL *et al.*, 2022).

4.4 Conclusões

A distribuição das variáveis agroclimáticas, como pluviometria, períodos de estiagem e produtividade do feijão, não ocorrem de modo uniforme no Estado do Ceará, estes fatores modificam-se conforme a localização geográfica e o regime pluviométrico anual.

A área mais sujeita a déficit hídrico e a perdas de rendimentos do feijão-caupi é a região do Sertão Central e Inhamuns, sendo necessário atenção especial para esta localidade, com a construção de um plano de medidas preventivas que diminuam os efeitos da falta de água.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DO CEARÁ. **Perímetros públicos irrigados do Ceará (2011)**. Fortaleza, 2012. Disponível em: https://www.adece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/98/2012/10/perimetros_publicos_do_ceara_sb-7.pdf. Acesso em: 28 de julho de 2022.
- BAL, S. K.; SANDEEP, V. M.; KUMAR, P. V.; PRAMOD, V. P.; MANIKANDAN, N.; RAO, C. S.; SINGH, N. P.; BHASKAR, S. Assessing impact of dry spells on the principal rainfed crops in major dryland regions of India. **Agricultural and Forest Meteorology**, [S.l.], v. 313, p. 108768, 2022.
- BALTACI, H.; ARSLAN, H. Seasonal and regional variability of wet and dry spell characteristics over Turkey. **Atmospheric Research**, [S.l.], v. 270, p. 106083, 2022.
- CAITANO, R. F. **Geoprocessamento na análise de risco de salinização dos solos do Estado do Ceará**. 2012. 149 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.
- CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, [S.l.], v. 58, p. 1501-11, 1994.
- CAMPOS, D. A.; ANDRADE, E. M. Seasonal trend of climate variables in an area of the Caatinga phytogeographic domain. **Revista Agro@mbiente**, Roraima, v. 15, 2021.
- CARVALHO, A. T. F. Caracterização climática da quadra chuvosa de município do semiárido brasileiro, entre os anos de 2013 a 2017. **Geografia em Atos**, Presidente Prudente, v. 2, n. 17, p. 04-23, 2020.
- CARVALHO, J. R. P.; ASSAD, E. D.; PINTO, H. S. Interpoladores geoestatísticos na análise da distribuição espacial da precipitação anual e de sua relação com altitude. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, p. 1235-1242, 2012.
- CARVALHO, J. R. P.; SILVEIRA, P. M.; VIEIRA, S. R. Geoestatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, p. 1151-1159, 2002.
- CAVALCANTE, E. S.; LACERDA, C. F.; COSTA, R. N. T.; GHEYI, H. R.; PINHO, L. L.; BEZERRA, F. M. S.; OLIVEIRA, A. C.; CANJÁ, J. F. Supplemental irrigation using brackish water on maize in tropical semi-arid regions of Brazil: yield and economic analysis. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 78, 2021.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v. 6, n. 3, 2018. Brasília: CONAB, 2018.

COSTA, J. A.; SILVA, D. F. Distribuição espaço-temporal do Índice de anomalia de chuva para o Estado do Ceará (Distribution space-temporal of rain anomaly index for the Ceará State). **Revista brasileira de geografia física**, Recife, v. 10, n. 4, p. 1002-1013, 2017.

COSTA, M. N.; BECKER, C. T.; BRITO, J. I. B. Análise das séries temporais de precipitação do semiárido paraibano em um período de 100 anos-1911 a 2010. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 6, n. 04, p. 680-696, 2013.

COUTINHO, M. D. L.; GOMES, A. C. S.; MORAIS, M. D. C.; SAKAMOTO, M. S. Análise comparativa do regime pluviométrico entre anos secos e chuvosos na bacia do Rio Piranhas Açu. **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 41, n. 3, p. 758-765, 2018.

DANTAS, M. E.; SHINZATO, E.; BRANDÃO, R. L.; FREITAS, R. L.; FREITAS, L. C. B.; TEIXEIRA, W. G. Origem das paisagens. In: BRANDÃO, R. L.; FREITAS, L. C. B. (org.). **GEODIVERSIDADE DO ESTADO DO CEARÁ**. Fortaleza: CPRM, 2014. Cap. 2, p. 37-60.

DARYANTO, S.; WANG, L.; JACINTHE, P. Global synthesis of drought effects on maize and wheat production. **PloS one**, [S.l.], v. 11, n. 5, p. e0156362, 2016.

FERIJAL, T.; BATELAAN, O.; SHANAFIELD, M. Spatial and temporal variation in rainy season droughts in the Indonesian Maritime Continent. **Journal of Hydrology**, [S.l.], v. 603, p. 126999, 2021.

FERNANDES, F. B. P. **Disponibilidade hídrica para a cultura do feijão-de-corda em função do manejo de solo no semiárido cearense**. 2014. 111 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

FERNANDES, F. B. P.; LACERDA, C. F.; ANDRADE, E. M.; NEVES, A. L. R.; SOUSA, C. H. C. Efeito de manejos do solo no déficit hídrico, trocas gasosas e rendimento do feijão-de-corda no semiárido. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, n. 3, p. 506-515, 2015.

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. M. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista brasileira de climatologia**, Paraná, v. 1, n. 1, 2005.

FERREIRA, P. S.; SOUZA, W. M.; SILVA, J. F.; GOMES, V. P. Variabilidade espaço-temporal das tendências de precipitação na mesorregião sul Cearense e sua relação com as anomalias de TSM. **Revista brasileira de meteorologia**, Rio de Janeiro, v. 33, p. 141-152, 2018.

FRAGA, M. S.; ALMEIDA, L. T.; ABREU, M. C.; SILVA, F. B.; REIS, G. B.; FERREIRA, R. G. Avaliação da qualidade das águas superficiais na circunscrição hidrográfica do rio Piranga utilizando análise estatística multivariada e não-paramétrica. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 14, n. 02, p. 694-710, 2021.

FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D.; LIMA, E. R. V.; OLIVEIRA, F. P. APTIDÃO CLIMÁTICA E PEDOLÓGICA DA CULTURA DO FEIJÃO CAUPI PARA AS REGIÕES DO AGRESTE E BREJO PARAIBANO. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 11, n. 4, p. 1557, 2017.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA. **Sistemas Atmosféricos Atuantes Sobre o Nordeste**. Ceará, 2014. Disponível em: <<http://www.funceme.br/?p=967>>. Acesso em 16 abr. 2021.

GOBIN, A.; VYVER, H. Spatio-temporal variability of dry and wet spells and their influence on crop yields. **Agricultural and Forest Meteorology**, [S.l.], v. 308, p. 108565, 2021.

HIERA, M. D.; LIMA JUNIOR, A. F.; ZANELLA, M. E. Análise da tendência da precipitação no Estado do Ceará no período 1974 a 2016. **Revista Brasileira de Climatologia**, Paraná, v. 24, 2019.

HUANG, J.; LIU, F.; XUE, Y.; SUN, S. The spatial and temporal analysis of precipitation concentration and dry spell in Qinghai, northwest China. **Stochastic Environmental Research and Risk Assessment**, [S.l.], v. 29, p. 1403-1411, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário 2017**. IBGE, 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010, Área territorial brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

INSTITUTO PORTUGUÊS DO MAR E DA ATMOSFERA. **Normais Climatológicas**. Lisboa, 2021. Disponível em: <<https://www.ipma.pt/pt/enciclopedia/clima/index.html?page=normais.xml>>. Acesso em 05 jun. 2021.

JARRETT, U.; MILLER, S.; MOHTADI, H. Dry spells and global crop production: A multi-stressor and multi-timescale analysis. **Ecological Economics**, [S.l.], v. 203, p. 107627, 2023.

KRUSKAL, W. H.; WALLIS, W. A. Use of ranks in on-criterion variance analyses. **Journal of the American Statistical Association**, [S.l.], v. 47, n. 260, p. 583-621, 1952.

LI, H.; GAO, Y.; HOU, E. Spatial and temporal variation of precipitation during 1960–2015 in Northwestern China. **Natural Hazards**, [S.l.], v. 109, p. 2173-2196, 2021.

- LIMA, M. A. S.; LIRA, M. A. T. A Variabilidade Climática e os Desastres Naturais no Estado do Ceará (1991-2019). **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v. 36, p. 603-614, 2021.
- LOPES, J. R. F.; DANTAS, M. P.; FERREIRA, F. E. P. Variabilidade da precipitação pluvial e produtividade do milho no semiárido brasileiro através da análise multivariada. **Nativa**, Mato Grosso, v. 7, n. 1, p. 77-83, 2019.
- MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; BESERRA, E. A.; LACERDA, F. F. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. In: MEDEIROS, S. S.; GHEYI, H. R.; GALVÃO, C. O.; PAZ, V. P. S (org.). **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. Cap. 13, p. 383-422.
- MARUMBWA, F. M.; CHO, M. A.; CHIRWA, P. W. Analysis of spatio-temporal rainfall trends across southern African biomes between 1981 and 2016. **Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C**, [S.l.], v. 114, p. 102808, 2019.
- MATEUS, A. E.; SILVA, D. F.; COSTA, I. M.; LOPES, J. R. F. Perspectivas em variáveis meteorológicas para o Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 8, n. 05, p. 1383-1392, 2015.
- MBANYELE, V.; MTAMBANENGWE, F.; NEZOMBA, H.; GROOT, J. C. J.; MAPFUMO, P. Combinations of in-field moisture conservation and soil fertility management reduce effect of intra-seasonal dry spells on maize under semi-arid conditions. **Field Crops Research**, [S.l.], v. 270, p. 108218, 2021.
- MEDEIROS, J. F.; CESTARO, L. A.; QUEIROZ, L. S. Caracterização climática da serra de Martins-RN. **Revista de Geociências do Nordeste**, Caicó, v.7, p. 92-100, 2021.
- MENEZES, H. E. A.; BRITO, J. I. B.; LIMA, R. A. F. A. Veranico e a produção agrícola no Estado da Paraíba, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 2, p. 181-186, 2010.
- MOREIRA, L. G. **Ocorrências de veranicos e seus efeitos sobre o cultivo do consórcio feijão caupi–capim (*Panicum maximum*) sob dosagens de esterco bovino**. 2018. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) -Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.
- MORO, M. F.; MACEDO, M. B.; MOURA-FÉ, M. M.; CASTRO, A. S. F.; COSTA, R. C. Vegetation, phytoecological regions and landscape diversity in Ceará state, northeastern Brazil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 66, p. 717-743, 2015.
- MOURA, M. S. B.; SOBRINHO, J. E.; SILVA, T. G. F. Aspectos meteorológicos do semiárido brasileiro. In.: XIMENES, L. F.; SILVA, M. S. L.; BRITO, L. T. L. (org.). **TECNOLOGIAS DE CONVIVÊNCIA COM O SEMIÁRIDO BRASILEIRO**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2019, cap. 2, p. 85-104.

MUNIZ, L. F.; PEREIRA, J. M. R.; XIMENES JÚNIOR, C. L.; STUDAR, T. M. C. Classificação climática para o estado do Ceará utilizando distintos sistemas de caracterização. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 12., 2017, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: SBRHidro, 2017, p. 1-8.

NOGUEIRA, D. B.; SILVA, A. O.; GIROLDO, A. B.; SILVA, A. P. N.; COSTA, B. R. S. Dry spells in a semi-arid region of Brazil and their influence on maize productivity. **Journal of Arid Environments**, [S.l.], v. 209, p. 104892, 2023.

OLIVEIRA, A. B.; MESQUITA, R. M.; GUIMARÃES, M. A.; LEMOS NETO, H. S.; SILVA, T. M. Exigências edafoclimáticas e ecofisiologia. In: VALE, J. C.; BERTINI, C.; BORÉM, A. (org.) **Feijão-Caupi do plantio à colheita**, Viçosa, MG: Ed. UFV, 2017. Cap. 3, p. 52-69.

OLIVEIRA, B. C. C.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. F.; PEREIRA, C. R.; SOBRAL, B. S.; GOIS, G.; LYRA, G. B.; MACHADO, E. A.; CORREIA FILHO, W. L. F.; SOUZA, A. Spatiotemporal variation of dry spells in the State of Rio de Janeiro: Geospatialization and multivariate analysis. **Atmospheric Research**, [S.l.], v. 257, p. 105612, 2021.

OLIVEIRA, B. S. S.; CUNHA, A. C. Correlação entre qualidade da água e variabilidade da precipitação no sul do Estado do Amapá. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 9, p. 261-275, 2014.

OLIVEIRA, L. C.; ANDRADE, E. M.; CHAVES, L. C. G.; FERNANDES, F. B. P. Frequência e distribuição espacial de veranicos no estado do Ceará. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Naturais do Semiárido, 2., 2015, Quixadá. **Anais [...]**. Quixadá: MASSA, 2015.

PESSI, D. D.; SANTOS, C. S. A.; NONATO, J. J.; DOURADO, L. G. A.; SILVA, O. P.; BASSINI, R. T.; JOSÉ, J. V. Validação das estimativas de precipitação do satélite TRMM no Estado de Mato Grosso, Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 42, n. 1, p. 79-88, 2019.

PINKAYAN, S. **Conditional probabilities of occurrence of Rainy and Dry Years Over a Large Continental Area**. Colorado: Hydrology papers, 1966.

PIRES, M. C.; CASTRO, M. B.; LIEBER, Z. V.; MENEZES, T. P.; AOKI, R. Y. S. **Estatística não paramétrica básica no software R: uma abordagem por resolução de problemas**. Minas Gerais: UFMG, 2018.

ROCKSTROM, J.; HATIBU, N.; OWEIS, T. Y.; WANI, S.; BARRON, J.; BRUGGEMAN, A.; FARAHANI, J.; KARLBERG, L.; QIANG, Z. Managing water in rainfed agriculture. In: MOLDEN, D. (org.). **Water for food, water for life a comprehensive assessment of water management in agriculture**. Colombo: International Water Management Institute, 2007, cap. 8, p. 315.

RODRIGUES, B. D.; COUTINHO, M. D. L.; SAKAMOTO, M. S.; JACINTO, L. V. UMA ANÁLISE SOBRE AS CHUVAS NO CEARÁ BASEADA NOS EVENTOS DE EL NIÑO,

LA NIÑA E NO DIPOLO DO SERVAIN DURANTE A ESTAÇÃO CHUVOSA. **Revista Brasileira de Climatologia**, Paraná, v. 28, 2021.

ROCHA, T. B. C.; VASCONCELOS JUNIOR, F. C.; SILVEIRA, C. S.; MARTINS, E. S. P. R.; GONÇALVES, S. T. N.; SILVA, E. M.; ALVES, J. M. B.; SAKAMOTO, M. S. Indicadores de Veranicos e de Distribuição de Chuva no Ceará e os Impactos na Agricultura de Sequeiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v.36, p. 579-589, 2021.

ROCHA, T. B. C.; VASCONCELOS JÚNIOR, F. C.; SILVEIRA, C. S.; MARTINS, E. S. P. R.; SILVA, R. F. V. Veranicos no Ceará e Aplicações para Agricultura de Sequeiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v. 35, p. 435-447, 2020.

SAKAMOTO, M. S.; FERREIRA, A. G.; COSTA, A. C.; OLIVAS, E. S. Rainy season pattern and impacts on agriculture and water resources in Northeastern Brazil. In: ANDREU, J.; SOLERA, A.; PAREDES-ARQUIOLA, J.; HARO-MONTEAGUDOM, D.; LANEN, H. (org.). **Drought: Research and Science-Policy Interfacing**. CRC Press/Balkema, 2015. p. 49-55.

SANTOS, F. A.; MENDES, L. M. S.; CRUZ, M. L. B. Análise estatística dos anos secos e chuvosos da Sub-bacia Hidrográfica do rio Piracuruca, divisa entre os estados do Ceará e do Piauí, Brasil. **Revista GEOgrafias**, Belo Horizonte, v. 28, n. 1, p. 43-61, 2020.

SILVA, A. G. R.; SENA, M. G. T.; CHAVES, L. C. G.; PEREIRA, F. J. S.; ANDRADE, E. M. REGIÕES SIMILARES EM OCORRÊNCIA E SEVERIDADE DAS SECAS NO ESTADO DO CEARÁ. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Naturais do Semiárido, 2., 2015, Quixadá. **Anais [...]**. Quixadá: MASSA, 2015.

SILVA, D. F.; SOUSA, A. B.; MAIA, L. M.; RUFINO, L. L. Efeitos da associação de eventos de ENOS e ODP sobre o Estado do Ceará. **Revista de Geografia**, Recife, v. 29, n. 2, p. 114-135, 2012.

SILVA, L. D. R.; CARTAXO, P. H. A.; SILVA, M. C.; GONZAGA, K. S.; ARAÚJO, D. B.; SOUSA, E. S.; SANTOS, J. P. O. Efeito da variabilidade pluviométrica na produção de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. no Semiárido da Paraíba. **Scientific Electronic Archives.**, [S.l.], v. 13, p. 26-32, 2020.

SOARES, D. B.; NÓBREGA, R. S. Análise espacial e climatológica da ocorrência de veranicos no Sertão de Pernambuco. **Revista de Geografia**, Recife, v. 27, n. 1, p. 94-106, 2010.

SOUZA, C. L. O.; NOGUEIRA, V. F. B.; NOGUEIRA, V. S. Variabilidade interanual da precipitação em cidades do semiárido brasileiro entre os anos de 1984 e 2015. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 12, n. 4, p. 740-747, 2017.

SOUZA, J. O. P.; ALMEIDA, J. D. M.; CORREA, A. C. B. Caracterização e espacialização da precipitação em bacia hidrográfica com relevo complexo: Sertão Central Pernambucano–Bacia do Riacho do Saco. **Revista de geografia**, Recife, v. 32, n. 2, p. 2105, 2015.

STEVENSON, W. J. **Estatística aplicada à administração**. São Paulo: Harper & Row do Brasil, 1981.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE. **Delimitação do Semiárido**. 2017.

TERASSI, P. M. B.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. F.; GÓIS, G.; Standardized Precipitation Index Variability in the Northern Region of Paraná State Associated with the El Niño-Southern Oscillation. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v. 33, p. 11-25, 2018.

VALE, J. C.; BERTINI, C. H. C. M.; TEÓFILO, E. M.; PINHEIRO, M. S.; MELO, L. F. Botânica e fenologia. In: VALE, J. C.; BERTINI, C.; BORÉM, A. (org.). **Feijão-Caupi do plantio à colheita**, Viçosa, MG: Ed. UFV, 2017. Cap. 3, p. 52-69.

VASCONCELOS, T. S.; MORAES, J. G. L.; ALVES, J. M. B.; JACINTO JÚNIOR, S. G.; OLIVEIRA, L. L. B.; SILVA, E. M.; SOUSA, G. G. Variabilidade Pluviométrica no Ceará e suas Relações com o Cultivo de Milho, Feijão-Caupi e Mandioca (1987-2016). **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v. 34, n. 3, p. 431-438, 2019.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. **Tópicos em ciência do solo**, [S.l.], v. 1, p. 1-54, 2000.

VILLELA, H. A. S. M.; MATOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: Editora McGraw-Hill, 1975.

XAVIER, A. F. S.; XAVIER, T. M. B. S.; MALVEIRA, E. C. H. A ZONA DE CONVERGÊNCIA INTERTROPICAL – ZCIT E SUA RELAÇÃO COM A CHUVA NAS PRINCIPAIS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO CEARÁ. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 13., Belo Horizonte. **Anais [...]**. Belo Horizonte: SBRHidro, 1999.

XAVIER, T. M. B. S.; XAVIER, A. F. S.; DIAS, M. A. F. S.; DIAS, P. L. S. Interrelações entre eventos ENOS (ENSO), a ZCIT (ITCZ) no Atlântico e a chuva nas bacias hidrográficas do Ceará. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [S.l.], v. 8, n. 2, p. 111-126, 2003.

XAVIER, T. M. B. S. **Tempo de Chuva: estudos climáticos e de previsão para o Ceará e Nordeste Setentrional**. Fortaleza: Editora ABC, 2001.

YUE, X.; ZHANG, T.; LI, Y. Effects of rainfall regime during the growing season on the annual plant communities in semiarid sandy land, northeast China. **Global Ecology and Conservation**, [S.l.], v. 43, p. 02456, 2023.

5 DISPONIBILIDADE HÍDRICA E MANEJO DO SOLO NO CULTIVO DE FEIJÃO-CAUPI

RESUMO

A agricultura desenvolvida em locais com instabilidade hídrica deve basear-se no uso de técnicas com potencial de captar e reter água. A utilização de práticas conservacionistas como adubação orgânica e cobertura morta possibilitam manter o conteúdo de água no solo, ao mesmo tempo que implicam na melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo. Assim sendo, objetivou-se avaliar os efeitos da disponibilidade hídrica e nível de manejo na umidade no solo e na produtividade do feijão. O estudo foi desenvolvido em Pentecoste – CE, de outubro/2021 a janeiro/2022. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso em esquema de parcelas subdivididas, o fator principal diz respeito aos regimes pluviométricos onde: T1 – muito seco (199 mm); T2 – seco (313 mm); T3 – normal (410 mm); T4 – chuvoso (597 mm). As subparcelas foram divididas em presença e ausência de cobertura morta e as subsubparcelas em presença e ausência de adubação orgânica. A cultura utilizada foi BRS Pujante com espaçamento de 1 metro entre linhas e 0,3 entre plantas. A umidade do solo foi monitorada por meio do método gravimétrico. As variáveis do feijão analisadas foram: número de vagem por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), comprimento médio da vagem (CMV), peso de 100 grãos (P100) e produtividade da cultura. Como resultados constatou-se em todos os cenários o aumento do teor de água no solo conforme o incremento hídrico, principalmente no regime normal e chuvoso, além disso observou-se a redução da umidade com a presença de períodos de estiagem. No cenário muito seco ao sétimo dia de veranico o teor de umidade aumentou 38% com o uso de adubação orgânica e cobertura morta. Enquanto o regime seco com sete dias de estiagem apresentou incremento de 37% e 23% no teor de umidade com o uso de adubação orgânica e cobertura morta ou somente cobertura morta, respectivamente. Em relação a produção, a cobertura morta influenciou significativamente todas as variáveis e a adubação orgânica apresentou efeito significativo no CMV e NGV. A produtividade máxima foi no regime normal com cobertura morta (2.906 kg ha⁻¹) e sem cobertura morta (2.512 kg ha⁻¹). Além disso, o manejo conservacionista proporcionou aumento de produtividade em todos os cenários hídricos: muito seco (27%), seco (16%), normal (17%) e chuvoso (22%).

Palavras-chave: práticas conservacionistas. regime pluviométrico. umidade do solo

5 WATER AVAILABILITY AND SOIL MANAGEMENT IN THE CROPPING OF COWPEA

ABSTRACT

Agriculture developed in places with water instability must be based on the use of techniques with the potential to capture and retain water. The use of conservationist practices such as organic fertilization and mulching make it possible to increase the water content in the soil, at the same time that they improve the physical, chemical and biological attributes of the soil. Therefore, the objective was to evaluate the effects of water availability and management level on soil moisture and bean productivity. The study was developed in Pentecoste - CE, from October to January. The experimental design was in randomized blocks in a split-plot scheme, the main treatment concerns the pluviometric regimes where: T1 – very dry (199 mm); T2 – dry (313 mm); T3 – normal (410 mm); T4 – rainy (597 mm). The subplots were divided into presence and absence of mulch and the subsubplots into presence and absence of organic fertilization. The culture used was BRS Pujante with spacing of 1 meter between rows and 0.3 between plants. Soil moisture was monitored using the gravimetric method. The cowpea variables analyzed were: number of pods per plant (NVP), number of grains per pod (NGV), average pod length (CMV), weight of 100 grains (P100) and crop yield. As a result, it was found in all scenarios the increase in water content in the soil according to the water increment, mainly in the normal and rainy regime, in addition, there was a reduction in moisture with the presence of drought periods. In the very dry scenario on the seventh day of dry spell, the moisture content increased by 38% with the use of organic fertilizer and mulch. While the dry regime with seven days of drought showed an increase of 37% and 23% in the moisture content with the use of organic fertilization + mulch and only mulch, respectively. Regarding production, mulch significantly influenced all variables and organic fertilization had a significant effect on CMV and NGV. Maximum productivity was in the normal regime with presence (2,906 kg ha⁻¹) and absence (2,512 kg ha⁻¹) of mulch. In addition, soil protection provided an increase in productivity in all water scenarios: very dry (27%), dry (16%), normal (17%) and rainy (22%).

Keywords: conservation practices. rainfall regime. soil moisture.

5.1 Introdução

O feijão caupi (*Vigna unguiculata*) consiste em uma cultura de grande importância no Brasil, em que a ampla adoção nos sistemas de produção e o alto valor nutricional da leguminosa colabora para garantir a segurança alimentar da população (FREIRE FILHO *et al.*, 2017; VALE *et al.*, 2017).

Conforme o Censo Agropecuário (2017), o feijão é cultivado em 932 mil unidades rurais no Brasil e cerca de 85% das propriedades estão inseridas em área semiárida. A produção é de 458 mil toneladas, no qual o semiárido brasileiro é responsável por 178 mil toneladas, representando cerca de 40% da produção brasileira de feijão-caupi (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2017).

A produtividade do feijão-caupi no semiárido consiste em 268 kg ha⁻¹, rendimentos inferiores ao potencial da cultura. Tal fato está condicionado ao modo de produção, o cultivo é realizado majoritariamente em regime de sequeiro por pequenos e médios produtores que dispõem de baixos níveis tecnológicos (MARTINS; MARTINS; BORGES, 2017).

Devido as incertezas do regime pluviométrico no semiárido, os agricultores encontram-se submetidos a irregularidade temporal e espacial das chuvas (LEMOS; SANTIAGO, 2020; ROCHA *et al.*, 2020; LIMA; LIRA, 2021). Esta variabilidade pluviométrica interfere na área colhida, produção e produtividade de culturas como milho, feijão e mandioca (COSTA FILHO, 2019; LEMOS; SANTIAGO, 2020).

Frente as circunstâncias, aumentar a disponibilidade de água no solo é a maneira de assegurar a produção agrícola em regiões com restrições hídricas (BUESA *et al.*, 2021; ZHANG *et al.*, 2020). O manejo adotado pelo agricultor se torna imprescindível para incrementar a quantidade de água no solo e garantir o êxito da lavoura. Conforme Aluku *et al.* (2021) o cultivo de feijão em regiões semiáridas somente é viável economicamente com a adoção de manejo conservacionista.

A cobertura morta e a adubação orgânica constituem práticas sustentáveis com a capacidade de melhorar a retenção de água no solo e impactar de modo positivo os rendimentos no sistema de produção (FERNANDES, 2014; WANG *et al.*, 2017; LIAO *et al.*, 2021). Além disso, a longo prazo as técnicas melhoram a estrutura do solo, incrementam a fertilidade e aumentam a macrofauna do solo ((MELMAN *et al.*, 2019; ZHANG *et al.*, 2020).

Embora a adubação orgânica e a cobertura morta apresentem efeitos positivos, o uso das práticas não é comum no semiárido brasileiro. De acordo com o Censo Agropecuária de 2017 apenas 319.784 mil estabelecimentos rurais realizam adubação orgânica, sendo uma

parcela irrisória quando considerado o total de 1,8 milhões de propriedades rurais (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2017).

Visto a variabilidade hídrica do semiárido e a importância da agricultura de sequeiro, trabalhos foram desenvolvidos avaliando o efeito do uso de técnicas que auxiliam na manutenção da umidade do solo frente a diferentes cenários hídricos. Cavalcante (2020) estudou a utilização da irrigação suplementar em quatro cenários hídricos (muito seco, seco, normal e chuvoso) para o cultivo do milho. Oliveira *et al.* (2020) pesquisou o impacto da irrigação suplementar e adubação mineral no algodoeiro em anos normais, secos e muito secos.

Neste viés, o estudo de técnicas simples e acessíveis aos agricultores se torna imprescindível para a região, o uso de resíduos encontrados na própria propriedade pode manter a umidade do solo durante períodos de estiagem e assegurar o cultivo em condições hídricas extremas. Parte-se do pressuposto que o sistema produtivo com o maior nível de manejo proporciona os maiores rendimentos da cultura do feijão em qualquer cenário hídrico. Portanto, objetivou-se avaliar os efeitos da disponibilidade hídrica e nível de manejo na umidade no solo e na produtividade do feijão.

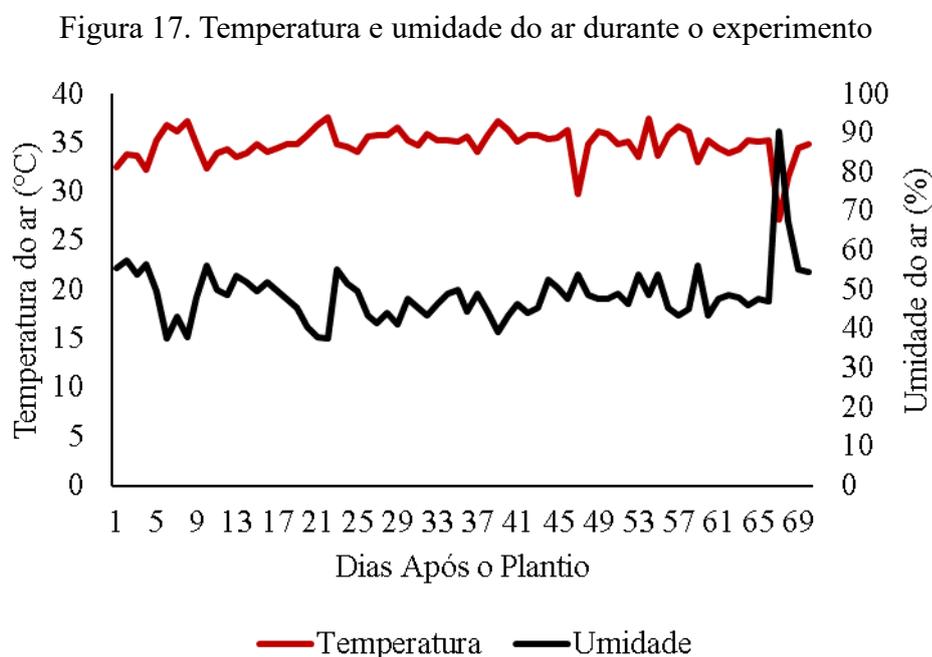
5.2 Metodologia

5.2.1 Área de estudo

A pesquisa foi desenvolvida em campo aberto de 1.943 m² (67x29 m), na Fazenda Experimental Vale do Curu, propriedade da Universidade Federal do Ceará, localizada em Pentecoste – Ceará (3°47'29" Sul; 39°15'58" Oeste).

De acordo com a classificação climática de Köppen, Pentecoste é BSh, ou seja, seco, semiárido e com temperatura quente (MUNIZ *et al.*, 2017). O município apresenta extensão de 1.379 km², sendo o vigésimo sétimo maior do Ceará. No último Censo Demográfico (2010) apresentou uma população de 35.400 habitantes e densidade local de 25,68 habitantes km⁻² (IBGE, 2011).

As condições climáticas, temperatura e umidade do ar, durante o período experimental encontram-se na Figura 17, no qual as temperaturas máximas e mínimas foram de 37,6 e 27,1 °C, respectivamente, enquanto a maior umidade foi de 90% e a menor de 37,5%.



5.2.1.1 Características físico-químicas do solo

Nas análises físicas do solo da área de estudo (Tabela 12), obteve-se os seguintes parâmetros: granulometria, densidade de partículas (Dp), densidade do solo (Ds) e grau de

floculação. A classe textural do solo foi categorizada como franca com predomínio de silte, areia fina e argila.

Tabela 12. Atributos físicos do perfil de solo da área de estudo em Pentecoste – Ceará

Profundidade (cm)	Composição granulométrica (g Kg ⁻¹)					Classificação Textural
	Areia grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Argila Natural	
0-20	36	287	455	222	191	Franca
Profundidade (cm)	Grau de floculação	Densidade (g cm ⁻³)				
	(g 100g ⁻¹)	Global	Partícula			
0-20	14	1,25	2,58			

Fonte: Laboratório de Análise de Água/Solo – UFC (2021)

A densidade de partículas diz respeito a quantidade de massa por volume de sólidos, a medida se relaciona com a mineralogia do solo (AMARO FILHO; ASSIS JÚNIOR; MOTA, 2008). A densidade de partículas na área de estudo foi de 2,58 g cm⁻³ (Tabela 12), indicando a predominância do mineral quartzo na composição (LIER, 2010).

A densidade do solo refere-se a parcela de massa de sólidos por volume total do solo. No parâmetro há a inclusão dos espaços porosos, refletindo a estruturação do solo então quanto maior a densidade do solo, menor é a quantidade de poros e mais compactado é o perfil. A Ds com 1,25 g cm⁻³ representa o limiar entre solos arenosos e argilosos (LIER, 2010).

O grau de floculação corresponde a associação entre argila natural dispersa e argila total, ou seja, aponta a quantidade de argila floculada formando os agregados. O parâmetro varia de 0 a 100% e quanto próximo a 100 mais estável são os agregados. No caso da Tabela 12, o perfil apresentou grau de floculação de 14%, sinalizando uma menor estabilidade de agregados do solo (EMBRAPA, 1997).

Na análise química do solo (Tabela 13), o pH mostrou-se neutro com 7,0. Em uma breve interpretação sobre os nutrientes, o potássio, cálcio, magnésio e fósforo apresentaram valores elevados, em contraponto a matéria orgânica exibiu quantidades medianas (CANTARUTTI *et al.*, 2007). A análise também apresentou elevada saturação por bases (V%) com 93%, classificando o solo como eutrófico (T) (SOBRAL *et al.*, 2015).

Tabela 13. Atributos químicos do solo e índices de fertilidade da área de estudo em Pentecoste – Ceará

Profundidade (cm)	Complexo sortivo (cmol _c Kg ⁻¹) ¹					
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Al ³⁺
0-20	8,5	5,3	0,19	0,67	1,16	0
Profundidade (cm)	Complexo sortivo (cmol _c Kg ⁻¹)		V	m	PST	C
	S	T	(%)	-	(g kg ⁻¹)	-
0-20	14,7	15,8	93	0	1	10,32
Profundidade (cm)	N	C/N	MO	Pa	pH	CE
	(g kg ⁻¹)	-	(g kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	(água)	(dS m ⁻¹)
0-20	1,15	9	17,79	24	7	0,34

¹Ca²⁺: cálcio; Mg²⁺: magnésio; Na⁺: sódio; K⁺: potássio; H⁺+Al³⁺: acidez potencial; Al³⁺: alumínio trocável; S: soma de bases; T: capacidade de troca de cátions; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio; PST: potencial de sódio trocável; C: carbono; N: nitrogênio; MO: matéria orgânica; Pa: fósforo assimilável; pH: potencial hidrogeniônico; e CE: condutividade elétrica.

Fonte: Laboratório de Análise de Água/Solo – UFC (2021)

Ainda conforme a Tabela 13, o solo não apresentou riscos de toxidez por alumínio com ausência de alumínio trocável (Al³⁺) e saturação por alumínio (m), além disso, não foi detectado caráter salino ou sódico, devido aos baixos valores de condutividade elétrica e potencial de sódio trocável.

5.2.1.1 Características da água

A água utilizada no cultivo foi do rio Curu, conforme a análise realizada no Laboratório de Solos/Água da UFC (Tabela 14) obteve-se a classificação da água como C₃S₁ (RICHARDS, 1954). O valor da condutividade elétrica (CE) se encontra próximo ao limiar de 0,9 dS m⁻¹ encontrado por Tagliaferre *et al.* (2018), teores de CE acima do limite estabelecido resulta em perdas de rendimento para o feijão.

Tabela 14. Atributos da água para irrigação do Rio Curu em Pentecoste – Ceará

Parâmetros ¹					
Cátions (mmolc L ⁻¹)			Ânions (mmolc L ⁻¹)		
Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻
2,05	2,35	4,05	0,2	4,9	3,94
CE (dS m ⁻¹)	RAS	pH	Sólidos Dissolvidos (mg L ⁻¹)		
0,85	1,93	7,4	850		

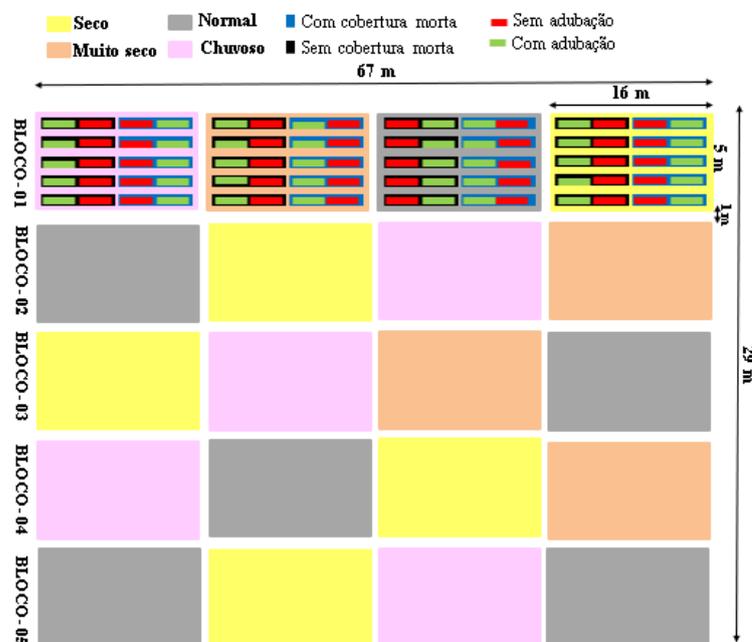
Ca²⁺: cálcio; Mg²⁺: magnésio; Na⁺: sódio; K⁺: potássio; Cl⁻: Cloro; HCO₃⁻: bicarbonatos; CE: condutividade elétrica; RAS: razão de adsorção de sódio; e pH: potencial hidrogeniônico.

Fonte: Laboratório de Análise de Água/Solo – UFC (2021)

5.2.2 Delineamento experimental

O Delineamento adotado foi em blocos ao acaso (DBC) com parcelas subsubdivididas, com cinco blocos e o total de 80 parcelas experimentais. Sendo os tratamentos principais referentes a quatro cenários pluviométricos: T1 – muito seco (199 mm); T2 – seco (313 mm); T3 – normal (410 mm); T4 – chuvoso (597 mm), Figura 18.

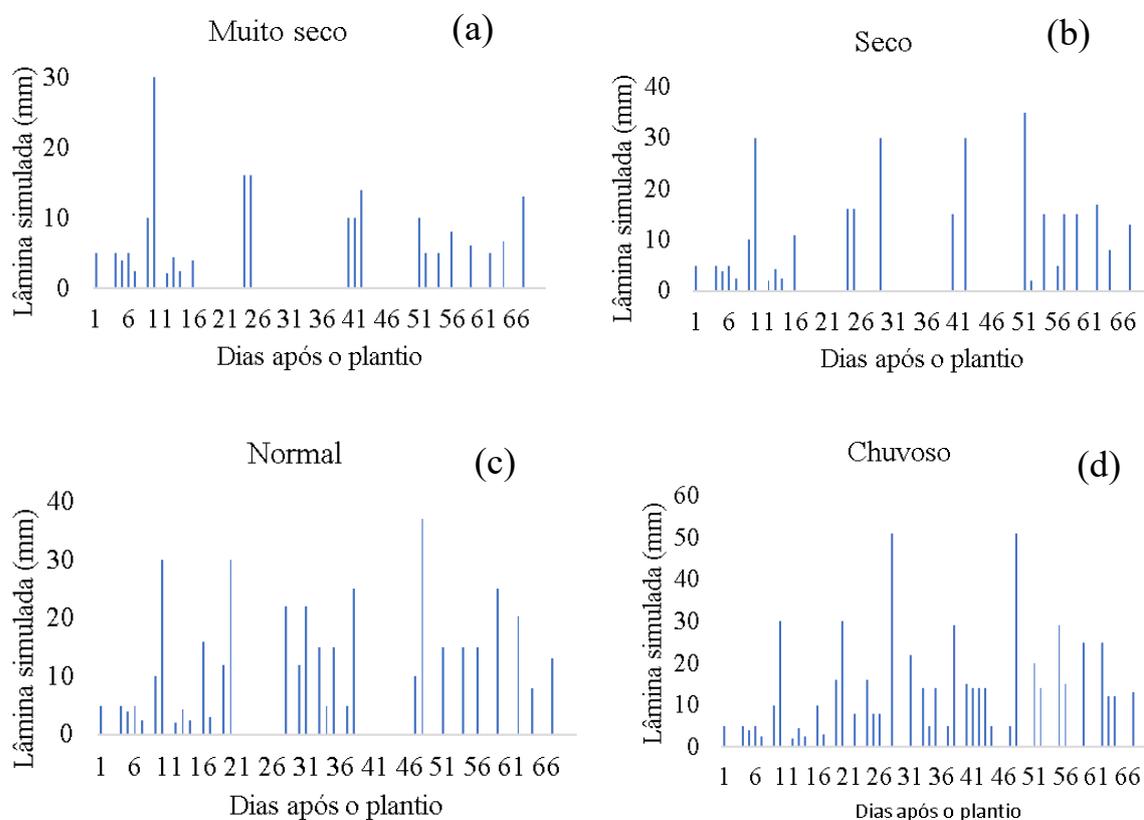
Figura 18. Croqui experimental da área de estudo em Pentecoste – Ceará



Fonte: Autora (2021)

Para definir as lâminas foram utilizados os dados de precipitação (1990-2019) disponíveis na página da FUNCEME, através das informações foi possível estabelecer os padrões de chuvas e veranicos (Figura 19), durante a época de cultivo de sequeiro da localidade (março a maio). O veranico foi caracterizado como cinco dias consecutivos com precipitação inferior a 2 mm e agrupado em seis classes de duração: V1 (5 a 10 dias); V2 (11 a 15 dias); V3 (16 a 20 dias); V4 (21 a 25 dias); V5 (26 a 30 dias); V6 (> 30 dias).

Figura 19. Lâminas de água aplicadas para simular os cenários hídricos (a) muito seco, (b) seco, (c) normal e (d) chuvoso em cultivo de feijão-caupi



Os tratamentos secundários dizem respeito à presença ou ausência de cobertura morta e adubação orgânica. Portanto, a parcela foi subdividida em sem cobertura morta (C0) e com cobertura morta (C1) e subsubdividida em sem adubação orgânica (A0) e com adubação orgânica (A1). Em relação ao tamanho, cada parcela apresentava 80 m² (16x5 metros), subdividida em duas parcelas de 40 m² (com e sem cobertura morta) e subsubdividida em quatro unidades de 20 m² (com e sem adubação orgânica). Cada parcela continha 5 linhas de plantio com 16 metros, usando espaçamento de 1 m entre linhas e 0,3 m entre plantas, totalizando 266 plantas parcela⁻¹. As três fileiras centrais foram consideradas para a coleta dos dados, representando a área útil de 48 m².

5.2.3 Instalação e Condução do experimento

O experimento foi instalado em outubro de 2021, após lâmina de 30 mm, o solo foi preparado de modo convencional com grade aradora, similar ao que ocorre na agricultura de sequeiro da região. Posteriormente ocorreu a demarcação das parcelas na área e a inserção e

incorporação do esterco bovino ao solo nos tratamentos com adubação orgânica (Figura 20a). A quantidade de fertilizante natural foi estimada com base nas análises de solo (Tabela 13) e composto orgânico (Tabela 15), utilizando a metodologia de Furtini Neto *et al.* (2011), os autores consideram a taxa de mineralização dos nutrientes e a necessidade da cultura.

Tabela 15. Análise de composto bovino usado para a adubação do experimento em Pentecoste – Ceará

Material ¹	N	P	P ₂ O ₅	K	K ₂ O	Ca
	(g Kg ⁻¹)					
Composto org.	10,9	4,07	9,33	8,99	10,97	3,83
Material	Mg	Fe	Cu	Zn	Mg	Umidade
	(g Kg ⁻¹)		(mg Kg ⁻¹)		(%)	
Composto org.	1,29	797,32	3,19	29,51	101,53	25,47

¹N: nitrogênio; P: fósforo; P₂O₅: fosfato; K: potássio; K₂O: óxido de potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Cu: cobre; Zn: zinco; Mg: magnésio

Fonte: Laboratório de Análise de Água/Solo – UFC (2021)

Para a irrigação optou-se pelo método de irrigação localizado com sistema de irrigação por gotejamento superficial, a fita gotejadora apresentava vazão de 1,6 L/ h a 1 bar (Figura 20b).

Figura 20. Instalação do experimento com (a) adição de adubação orgânica no solo e (b) montagem do sistema de irrigação



O manejo da irrigação foi realizado conforme os quatro cenários hídricos, para simular a umidade no solo durante o período chuvoso. O tempo de irrigação foi calculado de acordo com a lâmina simulada, a área de cultivo, a vazão do gotejador e o coeficiente de distribuição de água do sistema.

O plantio aconteceu com o uso de matraca (Figura 21a), em cada cova foi colocado três sementes da cultivar BRS Pujante. A cultivar apresenta produtividade média de 705 kg ha^{-1} em ambiente de sequeiro, hábito de crescimento indeterminado, porte semi-ramador, ciclo precoce de 70 dias e tegumento marrom (SANTOS, 2011).

Após o plantio ocorreu a adição da cobertura morta (*Panicum maximum* cv. Tanzânia) (Figura 21b) em quantidade estabelecida de acordo com Pereira *et al.* (2015) de 12.000 t ha^{-1} . O desbaste foi realizado sete dias após a germinação das sementes, com a seleção das duas plantas mais vigorosas, ao mesmo tempo que ocorreu o replantio nos locais com falhas de crescimento das plântulas. Após 15 dias de estabelecimento da cultura, iniciou-se a diferenciação entre as lâminas de tratamento, conforme NUNES (2021).

Figura 21. Instalação do experimento com (a) plantio da BRS Pujante e (b) Inserção da cobertura morta



A colheita aconteceu manualmente aos 75 dias após o plantio (DAP), com a seleção das plantas centrais de cada parcela útil e a inserção das vagens em sacos de papel identificados

para análise em laboratório (Figura 22) do número de vagem por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), comprimento médio da vagem (CMV), peso de 100 grãos (P100) e produtividade da cultura (PROD).

Figura 22. Vagens em sacos de papel para análise



5.2.4 Análises

5.2.4.1 Umidade do solo

A umidade do solo foi monitorada duas vezes na semana conforme metodologia descrita pela EMBRAPA (1997). Nas coletas, cada tratamento foi amostrado três vezes, as amostras de solo eram condicionadas em latinhas de alumínio, pesadas e inseridas em estufa a 104 °C durante 24 horas (Figura 23), após a secagem o material era pesado novamente para estimativa da umidade gravimétrica.

Figura 23. Amostras de solo secando em estufa



5.2.4.2 Variáveis de feijão

Em cada parcela experimental avaliou-se a quantidade de 5 subamostras com 15 vagens. O número de vagens por planta e o número de grãos por vagem foram obtidos por meio de contagem manual. O comprimento médio da vagem obteve-se com uso de fita métrica graduada. Enquanto o peso de 100 grãos e a produtividade foram adquiridos com o uso de balança de precisão (Figura 24).

Figura 24. Análise das variáveis de produção do feijão



5.2.4.3 Análise estatística

Os dados de umidade foram organizados em planilha eletrônica conforme as datas de coleta, a partir destas informações, gráficos foram plotados para a avaliação do teor de água no solo em cada tratamento.

Nas variáveis de produção foi realizado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, estatística descritiva e análise de variância (ANOVA) por meio do SPSS *Statistics* e SISVAR. Na ANOVA, os tratamentos significativos foram submetidos ao teste de média de Tukey a 5% de significância. O *software* Excel foi utilizado para a organização dos dados e a produção dos gráficos.

5.3 Resultados e discussão

5.3.1 Umidade do solo

No cenário muito seco (Figura 25a), vale destacar a ocorrência de três veranicos, o primeiro com duração de 7 dias (17 a 23 DAP), em que no sexto dia de veranico (22 DAP) os volumes hídricos no solo seguiram a seguinte sequência: T1C1A1 (23%); T1C1A0 (20%); T1C0A1 (18%); T1C0A0 (17%). Nestas condições o tratamento com uso da cobertura morta e adubação orgânica (T1C1A1) apresentou superioridade de 38% na umidade do solo em relação ao cultivo convencional (T1C0A0). A presença da cobertura morta aumenta a infiltração e retenção de água no solo (MBANYELE *et al.*, 2021; REN *et al.*, 2021; CHOUDHARY; MEENA, 2022).

No segundo veranico com duração de 15 dias (26-40 DAP), inicialmente (26 DAP) observou-se que o manejo que se evidenciou foi o uso da cobertura morta mais adubação orgânica (T1C1A1 – 30%) ao mesmo tempo que T1C1A0, T1C0A1 e T1C0A0 exibiram umidade de 28%, 28% e 29%, respectivamente. No entanto ao decorrer dos dias a condição foi se modificando, no décimo segundo dia de estiagem o tratamento somente com cobertura morta (T1C1A0) apresentou teores de água no solo de 17%, enquanto T1C1A1 obteve 15%, T1C0A1 com 13% e T1C0A0 com 14%.

Ao final do período seco (40 DAP) os teores de umidade foram iguais com exceção do tratamento sem cobertura e sem adubação (T1C1A1 13%, T1C1A0 13%, T1C0A1 13% e T1C0A0 11%). Conforme Souza, Jha e Calabrese (2022) a cobertura morta apresenta efeitos na conservação da água no solo interferindo positivamente no processo de transpiração das plantas. Todavia conforme o aumento do período de estiagem, a umidade do solo e os processos metabólicos das plantas tendem a reduzir.

Comparando o teor de umidade no começo (26 DAP) e final (40 DAP) do veranico de 15 dias constatou-se que os tratamentos T1C1A1, T1C1A0, T1C0A1 e T1C0A0 sofreram redução da umidade do solo de 55%, 54%, 55% e 63%, respectivamente. Vale destacar que o sistema sem as práticas conservacionistas apresentou as maiores perdas hídricas, tal fato encontra-se associado a maior exposição do solo a radiação solar que resulta no aumento das taxas evaporativas.

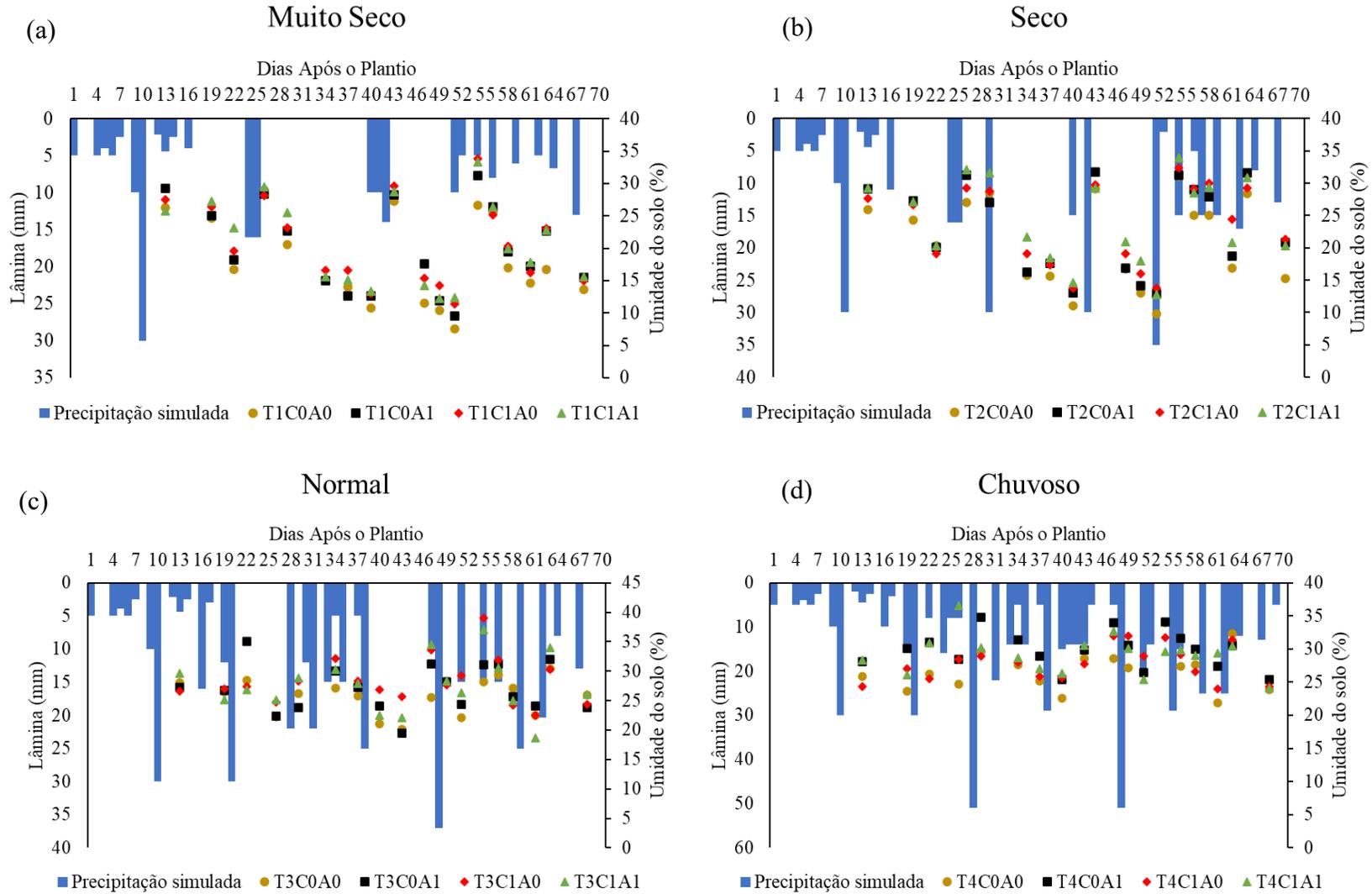
O último veranico do regime muito seco teve duração de 8 dias (43-50 DAP), inicialmente os tratamentos apresentaram as seguintes umidades: T1C1A1 – 29%; T1C1A0 – 30%; T1C0A1 – 28%; e T1C0A0 – 27%. No quinto dia de estiagem (47 DAP) os teores de água

no solo foram: T1C1A1 – 12%; T1C1A0 – 14%; T1C0A1 – 12%; e T1C0A0 – 10%. No último dia de estiagem a umidade foi de 12% em T1C1A1; 11% em T1C1A0; 10% em T1C0A1; e 8% em T1C0A0.

Portanto o período seco resultou nas seguintes reduções de umidade: T1C1A1 – 57%; T1C1A0 – 62%; T0C0A1 – 66%; e T0C0A0 – 72%. Diante os resultados observou-se que o uso da cobertura morta reduziu as perdas de água no solo. Diversas são as vantagens da prática, em chuvas com baixa intensidade, o material apresenta capacidade de captar a água e auxiliar na manutenção da umidade do solo. Frente as precipitações intensas, a cobertura reduz as perdas de água por escoamento (SOUZA; JHA; CALABRESE, 2022).

Para LIAO *et al.* (2021), a palhada serve como um reservatório com liberação gradativa do conteúdo de água. Cabe salientar que a espessura da camada de cobertura morta é um fator preponderante para o processo. Mbanyele *et al.* (2021) ressaltam a importância de adicionar proteção ao solo de modo parcelado, primeiramente durante o plantio e depois na fase de florescimento, pois o material vegetal se encontra sujeito ao processo de decomposição e em muitos casos não apresenta duração até o final do ciclo da cultura.

Figura 25. Umidade do solo conforme o uso de práticas conservacionistas no regime (a) muito seco; (b) seco; (c) normal; e (d) chuvoso



Cenários: T1 – muito seco; T2 – seco; T3 – normal; T4 – chuvoso; Cobertura morta: C0 – ausência; C1 – Presença; Adubação orgânica: A0 – ausência; A1 – presença

No regime pluviométrico seco (Figura 25b) observou-se que o tratamento testemunha (T2C0A0) obteve os menores resultados de umidade em praticamente todo o cultivo do feijão. O primeiro veranico ocorreu entre 17 e 23 DAP, em que no terceiro dia de estiagem T2C1A1, T2C1A0, T2C0A1 e T2C0A0 apresentaram umidade de 27%, 27%, 27% e 24%, respectivamente. No sexto dia de veranico (22 DAP) os tratamentos exibiram os seguintes teores de água no solo: T2C1A1 – 20%, T2C1A0 – 19%; T2C0A1 – 20% e T2C0A0 – 20%. Vale ressaltar que em cenários hídricos com baixo volume de chuvas, a água pode permanecer receptada no material e evaporar antes de atingir o solo sendo um obstáculo para a reposição hídrica (LIAO *et al.*, 2021).

Aos 26 DAP verificou-se uma diferença plena entre os manejos, as maiores umidades foram com o uso de cobertura morta e adubação orgânica (T2C1A1 – 32%). Em segundo e terceiro destacaram-se os manejos somente com o uso da adubação orgânica (T2C0A1 – 31%) e da cobertura morta isoladamente (T2C1A0 – 29%). Por último o tratamento sem a adoção das práticas (T2C0A0 – 27%).

O veranico de 10 dias (30 a 39 DAP) causou reduções nos teores de umidade no solo em todos os manejos, na condição inicial observou-se: T2C1A1 – 32 %; T2C1A0 – 29%; T2C0A1 – 27%; e T2C0A0 – 29%. Ao final do período de estiagem a umidade no solo alcançou os seguintes valores: T2C1A1 – 15% %; T2C1A0 – 14%; T2C0A1 – 13%%; e T2C0A0 – 11%. Do início para o fim da estiagem, os tratamentos T2C1A1, T2C1A0, T2C0A1 e T2C0A0 apresentaram redução de 54%, 52%, 52% e 61%, respectivamente.

Portanto verificou-se que em condições de escassez hídrica de 10 dias, a cobertura morta e adubação orgânica proporcionaram acréscimo de 24% na umidade do solo quando comparado com as parcelas sem a adoção das práticas conservacionistas.

Resultados parecidos foram encontrados no período de estiagem que ocorreu entre 43 e 50 dias após o plantio. A umidade inicial foi de 29% para T2C1A1, 30% para T2C1A0, 32% para T2C0A1 e 29% para T2C0A0. Enquanto a umidade no último dia do veranico foi de 13% para T2C1A1, 14% para T2C1A0, 13% para T2C0A1 e 10% para T2C0A0. O veranico proporcionou redução do teor de água no solo de 56%, 54%, 59% e 66% para T2C1A1, T2C1A0, T2C0A1 e T0C0A0, respectivamente.

Vale ressaltar que no último dia de estiagem, o uso da cobertura morta aliado a adubação orgânica proporcionou aumento de 37% nos teores de água e a adoção apenas da proteção no solo também conservou a umidade do solo em uma proporção de 23%.

De 51 DAP até a colheita constatou-se oscilações nos teores de água no solo conforme as lâminas irrigadas inseridas. Os tratamentos com manejo conservacionista

demonstraram umidades parecidas, observadas pela sobreposição dos símbolos na Figura 25b. Todavia os tratamentos sem cobertura e sem adubação apresentaram valores reduzidos de umidade.

O regime normal (Figura 25c) foi marcado por dois períodos de estiagem, o primeiro dos 21 aos 27 dias após o plantio, em que segundo dia de veranico (22 DAP) observou-se umidade de 27%, 27%, 35% e 28% em T3C1A1, T3C1A0, T3C0A1 e T3C0A0, respectivamente. No qual o uso da adubação orgânica resultou em um incremento hídrico de 23% quando comparado com a testemunha. Vale ressaltar que um dia antes do início do veranico ocorreu a inserção de uma lâmina de 30 mm ao solo, sendo um dos fatores que contribuíram para o aumento da umidade em parcelas sem cobertura.

No sexto dia de estiagem a umidade se encontrou da seguinte maneira: T3C1A1 – 25%; T3C1A0 – 25%; T3C0A1 – 22%; e T3C0A0 – 22%, no qual verificou-se uma drástica redução dos valores nos tratamentos sem cobertura do solo e a manutenção dos valores no manejo com a adoção de cobertura morta.

O segundo período de estiagem ocorreu dos 39 aos 46 dias após o plantio, a coleta no quinto dia de estiagem constatou que os sistemas com cobertura morta (T3C1A0 – 26%) e adubação orgânica (T3C1A1 – 22%) isoladamente sobressaíram os demais manejos (T3C0A0 – 20%; T3C1A1 – 20%).

O regime pluviométrico chuvoso apresentou 597 mm distribuídos durante os 70 dias de cultivo, com ausência de veranicos. Em 38% dos casos a testemunha apresentou teor de água do solo inferior aos outros manejos (Figura 25d). De maneira geral observou-se que em 61% das coletas o uso de adubação orgânica sem cobertura morta (T4C0A1) sobressaiu os outros sistemas agrícolas.

Vale ressaltar que a retenção hídrica por meio da adubação orgânica depende de fatores como tipo de material, textura do solo e teor de umidade no solo. Para Silva e Mendonça (2007) a retenção de água pela matéria orgânica é mais sensível na presença de solos arenosos do que argilosos, além disso solos próximos a capacidade de campo possuem maior capacidade de reter água através da MOS. De acordo com Silva *et al.* (2019) em baixas condições hídricas o uso de fertilizante orgânico pode impactar de modo negativo as variáveis produtivas do feijão-caupi.

5.3.2 Variáveis de produção

Na Tabela 16, a estatística descritiva dos dados de cada variável de produção nos respectivos tratamentos. A produtividade média máxima foi registrada em T3C1A0 com 3.132 kg ha⁻¹, T4C1A1 com 3.020 kg ha⁻¹ e T3C0A1 com 2.804 kg ha⁻¹, ao mesmo tempo que a produtividade média mínima foi em T1C1A0 com 1.232 kg ha⁻¹, T1C0A1 com 1.080 kg ha⁻¹ e T1C0A0 com 855 kg ha⁻¹.

Ainda se observou que as variáveis de produção se sobressaíram no regime normal (T3) e chuvoso (T4), além disso a presença de cobertura morta (C1) apresentou impactos positivos em todos os cenários hídricos. Os melhores resultados de produtividade no regime pluviométrico muito seco (T1) e seco (T2) foram com o uso de cobertura morta sob o solo.

A cobertura morta funciona como isolante térmico, a prática reduz a incidência direta dos raios solares no solo e minimiza a troca de energia entre solo-atmosfera. Estes fatores limitam as perdas de água por evaporação no solo, diminuem a variação da temperatura do solo e mantém a umidade no perfil (VIEIRA *et al.*, 2020; LIAO *et al.*, 2021; CHOUDHARY; MEENA, 2022).

Devido ao caráter conservacionista, no semiárido o uso de cobertura morta é indicado para amenizar os efeitos dos veranicos nos sistemas produtivos, conforme constatado na Figura 25. A medida conserva o teor de umidade do solo durante os longos períodos secos de modo a garantir o suprimento hídrico nas fases fenológicas mais sensíveis ao estresse hídrico (MBANYELE *et al.*, 2021; SOUZA; JHA; CALABRESE, 2022).

Torres *et al.* (2020) constataram que o uso de cobertura morta em consórcio de milho e feijão aumentou o número de vagem por planta e a produtividade, o melhor rendimento do feijão foi de 1127 kg ha⁻¹ com uma lâmina de 1330 mm. Na pesquisa, o tipo de material utilizado para proteger o solo também afetou o rendimento final das culturas.

No número de vagens por planta (NVP) observou-se uma grande amplitude entre os cenários hídricos, no qual destacaram-se de modo positivo o T4C1A1, T3C1A0 e T3C1A1 com 11,3, 10 e 9,6 vagens, em contrapartida T1C1A0, T1C0A1 e T1C0A0 obtiveram 5,4, 4,0 e 4,0 vagens, respectivamente.

O NVP apresentou grande discrepância entre o regime muito seco e os demais. O cenário muito seco durante o ciclo do feijão obteve o menor volume hídrico total aplicado e o maior período de estiagem. Para Nascimento *et al.* (2004) o NVP representa uma das variáveis mais sensíveis ao estresse hídrico, a falta de água resulta em prolongamento do período

vegetativo, diminuição da fase reprodutiva e da produção de flores (MENDES *et al.*, 2007; NASCIMENTO *et al.*, 2011).

No comprimento médio da vagem (CMV) os tratamentos que se evidenciaram foram o T4C1A1, T4C1A0 e T3C1A1, com 25,7, 25,6 e 25,4 cm, respectivamente, de modo geral os dados do CMV apresentaram-se semelhantes salvo exceção do T1C1A1 (23,4 cm), T1C1A0 (23,2 cm), T1C0A1 (22,5 cm) e T1C0A0 (21,5 cm) com os menores valores.

Os tratamentos que registraram maior número de grãos por vagem foram o T4C1A1, T4C1A0, T4C0A1 e T3C1A1 com 15,2, 15,1, 15 e 14,8 grãos, respectivamente. Enquanto os menores NGV foram em T1C1A0 (12), T1C1A1 (11,9), T1C0A1(11) e T1C0A0 (10,4).

O peso de 100 sementes foi a única variável em que T1C0A0 (30,9 g), T1C0A1(30,8 g), T1C1A1(30,3 g) e T1C1A0 (29,6 g) sobressaíram os demais, onde T4C0A0, T4C1A0, T4C0A1, e T4C1A1 apresentaram 26,8, 26,7, 26,7 e 26,7, nesta ordem.

Tabela 16. Estatística descritiva e teste de normalidade das variáveis: comprimento médio da vagem; número de grãos por vagem; número de vagens por planta; peso de 100 sementes e produtividade

Variáveis	T1C0A0								
	Mínimo	Máximo	Média	DP	CV	Var	As	K	Shapiro-Wilk
CMV (cm)	20,9	21,9	21,5	0,4	1,8	0,1	-0,6	-1,1	0,7
NGV	9,5	11,0	10,4	0,6	6,0	0,4	-0,8	-1,8	0,2
NVP	2,8	6,8	4,0	1,6	39,4	2,5	1,9	3,9	0,1
P100 (g)	29,9	31,8	30,9	0,8	2,5	0,6	-0,3	-1,6	0,8
PROD (kg ha ⁻¹)	615,3	1118,5	855,9	223,8	26,2	50105	0,4	-2,7	0,3
Variáveis	T1C0A1								
	Mínimo	Máximo	Média	DP	CV	Var	As	K	Shapiro-Wilk
CMV (cm)	21,6	23,4	22,5	0,8	3,6	0,6	0,0	-2,6	0,5
NGV	10,0	11,9	11,0	0,9	8,2	0,8	-0,4	-3,0	0,2
NVP	2,4	5,1	4,0	1,1	27,3	1,2	-0,9	-0,1	0,6
P100 (g)	29,6	32,3	30,8	1,0	3,3	1,0	0,3	0,1	0,9
PROD (kg ha ⁻¹)	722,2	1443,0	1080,6	314,7	29,1	99035	0,1	-2,5	0,6
Variáveis	T1C1A0								
	Mínimo	Máximo	Média	DP	CV	Var	As	K	Shapiro-Wilk
CMV (cm)	22,4	24,3	23,2	0,7	3,2	0,5	0,6	0,9	0,7
NGV	11,1	13,3	12,0	0,9	7,2	0,5	0,7	1,3	0,6
NVP	4,1	7,3	5,4	1,2	21,9	1,4	1,4	2,6	0,3
P100 (g)	27,5	31,0	29,6	1,4	4,7	2,0	2,0	0,1	0,6
PROD (kg ha ⁻¹)	998,2	1607,7	1232,7	233,2	18,9	54369	54369,0	1,7	0,5
Variáveis	T1C1A1								
	Mínimo	Máximo	Média	DP	CV	Var	As	K	Shapiro-Wilk
CMV (cm)	22,2	24,5	23,4	0,8	3,5	0,7	-0,2	0,7	1,0
NGV	11,1	12,9	11,9	0,7	6,0	0,5	0,5	-0,7	0,8
NVP	4,3	6,5	5,5	0,8	15,3	0,7	-0,4	-0,6	0,9
P100 (g)	29,4	31,1	30,3	0,8	2,5	0,6	0,2	-2,7	0,3
PROD (kg ha ⁻¹)	828,7	1471,9	1233,2	296,1	24,0	87675	-0,8	-2,2	0,1

CMV: Comprimento médio da vagem; NGV: número de grãos por vagem; NVP: número de vagens por planta; P100: peso de 100 sementes; PROD: produtividade; DP: desvio padrão; CV: coeficiente de variação; Var: variância; As: assimetria; K: coeficiente de curtose

Continua...

Tabela 16. Estatística descritiva e teste de normalidade das variáveis: comprimento médio da vagem; número de grãos por vagem; número de vagens por planta; peso de 100 sementes e produtividade

Variáveis	T2C0C0								
	Mínimo	Máximo	Média	DP	CV	Var	As	K	Shapiro-Wilk
CMV (cm)	23,5	24,7	24,0	0,5	2,0	0,2	1,1	1,5	0,6
NGV	12,4	14,2	13,1	0,7	5,3	0,5	1,2	1,9	0,5
NVP	5,6	7,8	7,0	0,9	13,0	0,8	-1,0	-0,7	0,2
P100 (g)	28,6	31,3	29,5	1,1	3,8	1,3	1,3	0,8	0,1
PROD (kg ha ⁻¹)	1339,7	2563,1	1992,7	497,7	25,0	247701	-0,4	-1,6	0,7
Variáveis	T2C0A1								
	Mínimo	Máximo	Média	DP	CV	Var	As	K	Shapiro-Wilk
CMV (cm)	22,6	24,9	24,2	0,9	3,8	0,9	-1,8	3,3	0,1
NGV	11,5	16,1	13,6	1,6	12,1	2,7	0,5	1,9	0,6
NVP	5,4	8,5	7,2	1,4	19,2	1,9	-0,6	-2,4	0,3
P100 (g)	28,9	29,8	29,3	0,4	1,4	0,2	0,4	-2,4	0,4
PROD (kg ha ⁻¹)	1233,1	3388,1	2251,5	898,2	39,9	806733	0,2	-1,9	0,8
Variáveis	T2C1A0								
	Mínimo	Máximo	Média	DP	CV	Var	As	K	Shapiro-Wilk
CMV (cm)	23,9	25,4	24,9	0,6	2,3	0,3	-1,7	3,1	0,1
NGV	13,2	14,6	14,0	0,6	4,1	0,3	-0,5	-1,0	0,9
NVP	7,7	9,7	8,7	0,8	9,1	0,6	-0,1	-0,9	0,9
P100 (g)	28,2	30,4	29,2	0,9	3,2	0,9	0,1	-1,5	0,5
PROD (kg ha ⁻¹)	1788,5	3332,0	2617,2	549,5	21,0	301930	-0,5	2,0	0,5
Variáveis	T2C1A1								
	Mínimo	Máximo	Média	DP	CV	Var	As	K	Shapiro-Wilk
CMV (cm)	24,2	25,6	25,0	0,5	2,1	0,3	-0,9	1,2	0,8
NGV	13,5	14,6	14,2	0,4	3,1	0,2	-1,4	1,7	0,3
NVP	8,1	9,7	8,8	0,7	8,1	0,5	-0,2	-2,5	0,3
P100 (g)	28,8	30,0	29,3	0,5	1,7	0,3	0,9	-0,6	0,4
PROD (kg ha ⁻¹)	2378,8	2736,0	2569,4	166,6	6,5	27743	-0,1	-2,8	0,3

CMV: Comprimento médio da vagem; NGV: número de grãos por vagem; NVP: número de vagens por planta; P100: peso de 100 sementes; PROD: produtividade; DP: desvio padrão; CV: coeficiente de variação; Var: variância; As: assimetria; K: coeficiente de curtose

Continuação...

Tabela 16. Estatística descritiva e teste de normalidade das variáveis: comprimento médio da vagem; número de grãos por vagem; número de vagens por planta; peso de 100 sementes e produtividade

Variáveis	T3C0A0								
	Mínimo	Máximo	Média	DP	CV	Var	As	K	Shapiro-Wilk
CMV (cm)	24,4	26,0	25,1	0,7	2,7	0,5	0,0	-2,1	0,4
NGV	13,9	14,9	14,3	0,4	2,8	0,2	0,6	-1,1	0,7
NVP	6,7	11,7	9,5	2,3	24,0	5,2	-0,5	-2,7	0,3
P100 (g)	27,0	28,8	27,8	0,7	2,4	0,4	0,8	0,2	0,8
PROD (kg ha ⁻¹)	2033,1	2585,2	2220,1	216,0	9,7	46659	1,7	3,0	0,2
Variáveis	T3C0A1								
	Mínimo	Máximo	Média	DP	CV	Var	As	K	Shapiro-Wilk
CMV (cm)	24,9	25,4	25,2	0,2	0,8	0,0	-1,1	-0,4	0,1
NGV	14,2	15,6	15,0	0,5	3,5	0,3	-0,8	1,7	0,7
NVP	7,4	10,8	9,2	1,5	16,2	2,2	-0,3	-2,6	0,5
P100 (g)	27,4	29,4	28,4	0,7	2,6	0,6	0,0	-0,5	1,0
PROD (kg ha ⁻¹)	2540,9	3415,0	2804,0	348,2	12,4	121208	2,0	4,3	0,0
Variáveis	T3C1A0								
	Mínimo	Máximo	Média	DP	CV	Var	As	K	Shapiro-Wilk
CMV (cm)	24,7	25,8	25,3	0,4	1,6	0,2	-1,0	0,6	0,6
NGV	14,3	15,0	14,7	0,3	2,0	0,1	-1,2	1,4	0,3
NVP	8,1	12,1	10,0	1,4	14,3	2,0	0,4	1,8	0,7
P100 (g)	26,9	27,4	27,1	0,2	0,7	0,0	1,0	1,3	0,6
PROD (kg ha ⁻¹)	2631,0	3949,9	3132,4	516,5	16,5	266724	1,2	1,1	0,5
Variáveis	T3C1A1								
	Mínimo	Máximo	Média	DP	CV	Var	As	K	Shapiro-Wilk
CMV (cm)	25,3	25,6	25,4	0,1	0,4	0,0	0,6	-0,4	0,9
NGV	14,4	15,2	14,9	0,3	2,3	0,1	-0,6	-2,8	0,2
NVP	7,9	11,9	9,6	1,8	18,4	3,1	0,2	-1,9	0,4
P100 (g)	26,8	27,7	27,2	0,3	1,3	0,1	-0,1	-1,9	0,6
PROD (kg ha ⁻¹)	2026,0	2864,2	2680,3	366,3	13,7	134174	-2,2	4,9	0,0

CMV: Comprimento médio da vagem; NGV: número de grãos por vagem; NVP: número de vagens por planta; P100: peso de 100 sementes; PROD: produtividade; DP: desvio padrão; CV: coeficiente de variação; Var: variância; As: assimetria; K: coeficiente de curtose

Continuação...

Tabela 16. Estatística descritiva e teste de normalidade das variáveis: comprimento médio da vagem; número de grãos por vagem; número de vagens por planta; peso de 100 sementes e produtividade

Variáveis	T4C0A0								
	Mínimo	Máximo	Média	DP	CV	Var	As	K	Shapiro-Wilk
CMV (cm)	25,0	25,5	25,2	0,2	0,8	0,0	1,0	0,0	0,5
NGV	14,4	15,2	14,8	0,3	2,1	0,1	0,1	1,5	0,8
NVP	6,7	12,8	8,7	2,4	27,5	5,7	1,9	4,0	0,0
P100 (g)	26,0	27,7	26,9	0,8	2,8	0,6	-0,2	-2,6	0,4
PROD (kg ha ⁻¹)	1840,5	2898,6	2386,9	484,0	20,3	234222	0,3	-2,7	0,2
Variáveis	T4C0A1								
	Mínimo	Máximo	Média	DP	CV	Var	As	K	Shapiro-Wilk
CMV (cm)	24,5	25,6	25,2	0,5	1,8	0,2	-1,5	2,4	0,2
NGV	14,2	15,6	15,0	0,5	3,5	0,3	-0,8	1,7	0,7
NVP	8,0	11,2	9,1	1,3	14,7	1,8	1,0	0,9	0,4
P100 (g)	26,2	27,3	26,7	0,4	1,6	0,2	0,3	0,9	1,0
PROD (kg ha ⁻¹)	2116,4	2628,4	2355,6	184,4	7,8	34011	0,4	0,9	0,8
Variáveis	T4C1A0								
	Mínimo	Máximo	Média	DP	CV	Var	As	K	Shapiro-Wilk
CMV (cm)	25,2	26,1	25,6	0,4	1,6	0,2	-0,3	-2,6	0,4
NGV	14,9	15,4	15,1	0,2	1,3	0,0	1,3	1,4	0,4
NVP	6,2	12,0	9,3	2,2	23,6	4,8	-0,2	0,3	0,9
P100 (g)	25,7	28,0	26,8	1,1	4,0	1,1	0,2	-2,8	0,3
PROD (kg ha ⁻¹)	2048,9	3103,4	2490,2	442,3	17,8	195625	0,4	-1,2	0,6
Variáveis	T4C1A1								
	Mínimo	Máximo	Média	DP	CV	Var	As	K	Shapiro-Wilk
CMV (cm)	25,0	26,1	25,7	0,4	1,7	0,2	-0,9	0,7	0,5
NGV	14,7	15,6	15,2	0,4	2,5	0,1	-0,4	-0,8	0,8
NVP	8,9	15,4	11,3	2,5	22,0	6,2	1,4	2,3	0,4
P100 (g)	26,0	28,3	26,7	1,0	3,7	0,9	1,7	2,6	0,1
PROD (kg ha ⁻¹)	2525,6	3670,6	3020,1	478,2	15,8	228709	0,4	-1,4	0,7

CMV: Comprimento médio da vagem; NGV: número de grãos por vagem; NVP: número de vagens por planta; P100: peso de 100 sementes; PROD: produtividade; DP: desvio padrão; CV: coeficiente de variação; Var: variância; As: assimetria; K: coeficiente de curtose

O coeficiente de variação, desvio padrão e variância são medidas de dispersão utilizadas para verificar o grau de variabilidade dos dados. O coeficiente de variação (CV) diz respeito a razão entre o desvio padrão e a média geral. O CV é classificado em baixo (<10%), médio (10-20%), alto (20-30%) e muito alto (>30%), no qual apresenta uma relação inversamente proporcional com a precisão experimental, ou seja, quanto menor o coeficiente maior a precisão experimental (PIMENTEL-GOMES, 1985).

O comprimento médio da vagem, número de grãos por vagem e peso de 100 sementes apresentaram baixo coeficiente de variação em todos os tratamentos (salvo exceção em T2C0A1 NGV). Enquanto o número de vagens por planta apresentou alto CV nos tratamentos de T1C0A0, T1C0A1, T1C1A0, T3C0A0, T4C0A0, T4C1A0 e T4C1A1. Da mesma forma, o fator produtividade alcançou elevados valores de CV em T1C0A0, T1C0A1, T1C1A1, T2C0A0, T2C0A1, T2C1A0 e T4C0A0. Resultados parecidos foram detectados em estudos anteriores (ARAÚJO, 2017; FEITOSA, 2018). Cabe salientar que o número de vagens por planta e a produtividade apresentam forte relação com os aspectos ambientais da região.

Durante o período experimental vale destacar o ataque de insetos e doenças ao feijoeiro, em especial o pulgão (*Aphis craccivora*), ácaro branco (*Polyphagotarsonemus latus*) e murcha de Fusário (*Fusarium oxysporum*). Os pulgões provocaram enrugamento das folhas, injetaram toxinas e liberaram substâncias adocicadas que propiciaram o desenvolvimento de fumagina (BLEICHER; SILVA, 2017).

Enquanto o ácaro branco causou o enrolamento das folhas, seguido de bronzeamento, ressecamento e necrose do tecido vegetal. Por fim, a murcha do *Fusarium* resultou no amarelecimento e queda das folhas e murcha gradual até a morte da planta. Conforme Lima (2017) o estresse hídrico e elevadas temperaturas favorece o desenvolvimento do *Fusarium* e as perdas podem chegar a 75% do rendimento.

A presença constante de insetos-pragas e patógenos no cultivo explica-se pelo fato dos meses de outubro a dezembro apresentarem as menores precipitações e as maiores temperaturas. Onde a ausência de chuvas e vegetação espontânea tornaram o feijoeiro um habitat atrativo e apropriado para os artrópodes e fungos.

Em relação a distribuição dos dados, o coeficiente de Assimetria (As), o coeficiente de curtose (K) e o teste de Shapiro-Wilk são medidas que estabelecem a normalidade do conjunto de informações. O teste de normalidade de Shapiro-Wilk testa a hipótese H0 que os dados seguem uma distribuição normal, quando o coeficiente apresenta valores superiores a 0,05 aceita-se H0, caso o resultado seja inferior a 0,05 rejeita-se hipótese nula (SHAPIRO; WILK, 1965). Conforme a Tabela 16 os dados apresentaram normalidade, com exceção das

seguintes variáveis: T3C0A1 PROD; T3C1A1 PROD; T4C0A0 NVP. A refutação de H0 em três variáveis é atribuída a presença de dados discrepantes denominados outliers, que modificam a distribuição das informações.

Na análise de variância (ANOVA) constatou-se o efeito do regime pluviométrico, cobertura morta e adubação orgânica sob o comprimento médio da vagem, número de grãos por vagem, número de vagem por planta, peso de 100 grãos e produtividade (Tabela 17). O regime pluviométrico e a cobertura morta apresentaram efeitos significativos em todas as variáveis de produção, enquanto a adubação orgânica e a interação cobertura x regime foram significativas apenas no CMV e NGV.

Tabela 17. Resumo da análise de variância e coeficientes de variação para as variáveis de produção: comprimento médio da vagem (CMV), número de grãos por vagem (NGV), número de vagens por planta (NVP), peso de 100 grãos (P100) e produtividade.

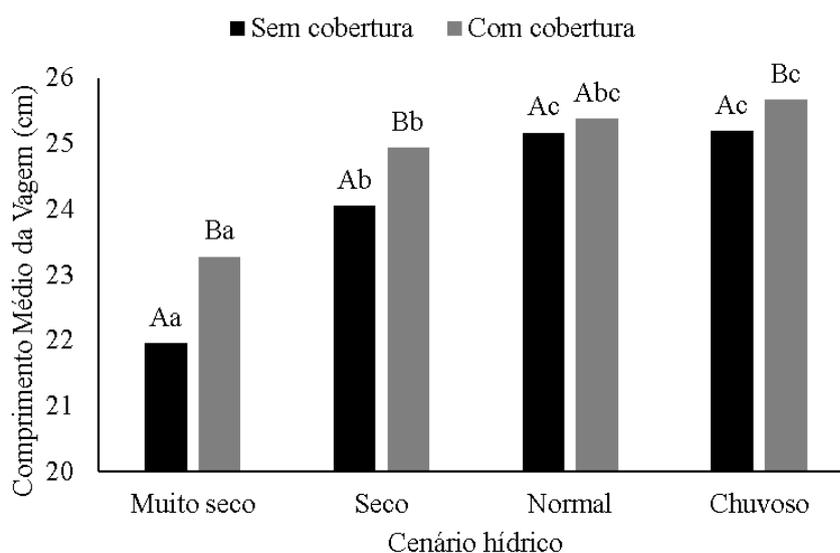
Fontes de Variação	Quadrado médio				
	CMV	NGV	NVP	P100	Produtividade
Regime Pluviométrico	33,32702*	55,983519*	104,770125*	53,079458*	10823625*
Bloco	1,421184*	1,186104 ^{ns}	10,419688 ^{ns}	1,697688 ^{ns}	152112 ^{ns}
Resíduo 1	0,381559	0,983424	5,477104	0,883938	201889
Cobertura morta	10,395708*	7,193265*	30,381125*	5,253125*	2866039*
CoberturaxRegime	1,166987*	1,300833*	1,541458 ^{ns}	1,167458 ^{ns}	3631 ^{ns}
Resíduo 2	0,211018	0,295055	0,868875	0,6245	94989
Adubação	1,07258*	1,674885*	1,596125 ^{ns}	0,210125 ^{ns}	355577 ^{ns}
AdubaçãoxRegime	0,287446 ^{ns}	0,065025 ^{ns}	2,347125 ^{ns}	0,360458 ^{ns}	32015 ^{ns}
AdubaçãoxCobertura	0,287971 ^{ns}	0,779068 ^{ns}	0,820125 ^{ns}	0,055125 ^{ns}	315972 ^{ns}
AdubxCobxReg	0,178869 ^{ns}	0,069737 ^{ns}	0,774458 ^{ns}	0,351458 ^{ns}	533185 ^{ns}
Resíduo 3	0,202726	0,250732	1,265438	0,486062	224864
CV (%) parcela	2,53	7,25	29,41	3,29	20,59
CV (%) subparcela	1,88	3,97	11,72	2,77	14,12
CV (%) subsubparcela	1,83	3,66	14,14	2,44	21,73

CMV – comprimento médio da vagem; NGV – número de grãos por vagem; NVP – número de vagens por planta; CV – Coeficiente de Variação (%); * Significativo pelo teste F a 5%; ns – não significativo

No comprimento médio das vagens constatou-se diferenças estatísticas com a ausência e presença de cobertura morta nos cenários muito seco, seco e chuvoso (Figura 26). Desta variável, o ano muito seco sem cobertura apresentou 22 cm enquanto o uso da cobertura morta ampliou o valor para 23,3 cm. No regime seco o CMV sem cobertura foi de 24 cm e com cobertura 25 cm. Enquanto o ano chuvoso apresentou CMV sem cobertura de 25,2 cm e com cobertura de 25,7 cm.

O CMV sem cobertura foi de 22, 24,1, 25,2 e 25,2 cm nos anos muito seco, seco e normal, respectivamente, no qual observou-se que o muito seco se diferiu dos demais (Figura 26). O comprimento médio da vagem com o uso de cobertura morta nos anos muito seco, seco, normal e chuvoso foi de 23,3, 24,9, 25,4 e 25,7 cm, respectivamente, no qual o regime seco se diferenciou dos outros cenários hídricos.

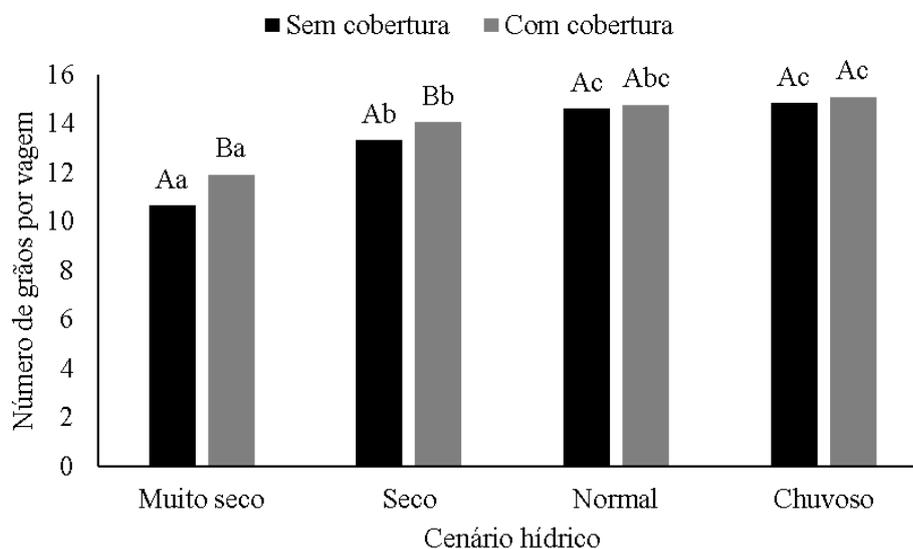
Figura 26. Comprimento médio da vagem do feijão em diferentes cenários hídricos (muito seco, seco, normal e chuvoso) e presença ou ausência de cobertura morta



* Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si nas parcelas com e sem cobertura morta pelo teste de Tukey a 5%; médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si dentro de cada regime pluviométrico pelo teste de Tukey a 5%

A presença ou ausência de cobertura morta influenciou no número de grãos por vagem nos cenários hídricos muito seco e seco (Figura 27). No ano muito seco o sistema de produção sem cobertura morta apresentou o menor valor de NGV (10,7) enquanto o uso de proteção no solo elevou o NGV para 13,3. O mesmo padrão constatou-se para o tratamento seco onde as parcelas sem cobertura obtiveram 13,3 e com cobertura 14,1 grãos por vagem. No ano normal e chuvoso a cobertura morta não interferiu no número de grãos por vagem.

Figura 27. Número de grãos por vagem no feijão em diferentes cenários hídricos (muito seco, seco, normal e chuvoso) e presença ou ausência de cobertura morta



* Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si nas parcelas com e sem cobertura morta pelo teste de Tukey a 5%; médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si dentro de cada regime pluviométrico pelo teste de Tukey a 5%

O comportamento observado na Figura 26 e Figura 27 evidencia o incremento do comprimento médio da vagem e número de grãos por vagem de acordo com o aumento de suprimento hídrico. Ainda se observou efeito positivo do uso de cobertura morta nestas duas variáveis, principalmente no regime muito seco e seco. Pois os regimes muito seco e seco possuem lâmina total de 199 mm e 313 mm, respectivamente, o primeiro cenário com valores inferiores ao suprimento hídrico da cultura enquanto o segundo regime encontra-se próximo ao limiar mínimo de 300 mm para desenvolvimento do feijoeiro, conforme Oliveira *et al.* (2017). Além disso, a distribuição das lâminas aconteceu de forma irregular, no muito seco ocorreu a presença de 2 veranicos da classe V1 (5 a 10 dias) e 1 veranico da classe V2 (10 a 15 dias) e o cenário seco contou com 3 veranicos da classe V1 (5 a 10 dias).

O CMV do ano muito seco na ausência de cobertura morta (22 cm) apresentou resultados parecidos com Rodrigues *et al.* (2019), os autores estudando a cultivar adotaram lâmina total de 189 mm e obtiveram comprimento médio de vagens de 21 cm. Valores diferentes de Nunes (2021) que encontrou CMV de 19 cm, inferior ao regime muito seco, fator atribuído ao uso de outra cultivar (BRS Guariba).

Dentre todas as variáveis de produção, a adubação orgânica afetou apenas o comprimento médio da vagem e o número de grãos por vagem (Tabela 17). Avaliando o tratamento dentro de cada regime, no CMV a presença de adubação influenciou somente o

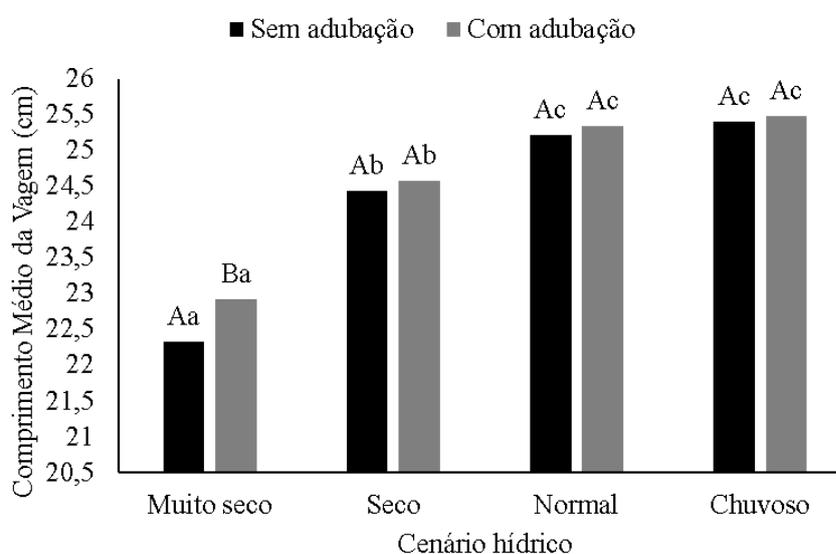
regime muito seco (Figura 28). Cabe salientar que a área de estudo estava em pousio a mais de 10 anos e apresentava bom aporte de matéria orgânica do solo (MOS).

O sistema de pousio apresenta benefícios as condições físicas e químicas do solo. O retorno de biomassa vegetal ao solo colabora para a ciclagem de nutrientes e aumenta significativamente os teores de carbono, nitrogênio e matéria orgânica (WILLIAMS *et al.*, 2022). A matéria orgânica é um dos principais agentes cimentantes na formação de agregados no solo (SILVA; MENDONÇA, 2007), o seu incremento reduz a densidade, melhora a estrutura e aumenta a porosidade e o teor de umidade do solo (ADEKIYA *et al.*, 2021).

O adubo orgânico também apresenta nas suas propriedades a capacidade de reter água colaborando na disponibilidade hídrica do cenário com maior déficit hídrico (muito seco). Conforme Ibrahim *et al.* (2020) o crescimento da matéria orgânica de 1 para 5% incrementou quatro vezes a capacidade de armazenamento hídrico do solo. Alves *et al.* (2021) avaliaram o efeito de diferentes materiais orgânicos (esterco bovino, esterco de aves, esterco de suíno e palha de café) na umidade do solo e verificaram maior teor de água com o uso de palha de café e esterco bovino.

O comprimento médio da vagem apresentou a mesma tendência nos tratamentos com e sem adubação, no qual o regime muito seco se diferiu do cenário seco, normal e chuvoso. Vale destacar que o uso da adubação orgânica elevou os valores do CMV de 22 para 23 cm no ano muito seco (Figura 28).

Figura 28. Comprimento médio da vagem do feijão em diferentes cenários hídricos (muito seco, seco, normal e chuvoso) sob presença ou ausência de adubação orgânica

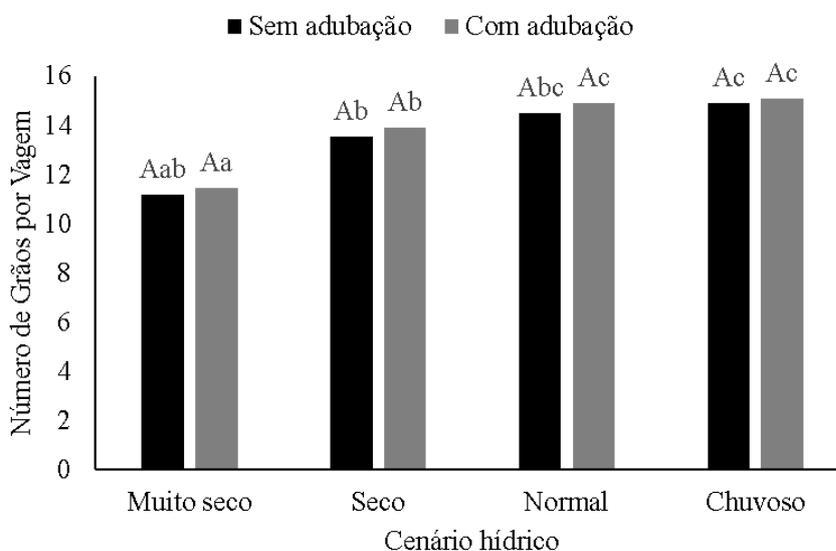


* Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si nas parcelas com e sem cobertura morta pelo teste de Tukey a 5%; médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si dentro de cada regime pluviométrico pelo teste de Tukey a 5%

As variáveis de produção do ano seco com lâmina de 313 mm, sem cobertura, obtiveram NGV de 13 grãos, P100 de 29 gramas e produtividade de 2358 kg ha⁻¹, respectivamente. Resultados próximos ao estudo de Nunes *et al.* (2021), os pesquisadores utilizaram 360,8 mm e obtiveram número de grãos por vagem de 12 grãos, peso médio de 100 grãos de 30 gramas e produtividade de 2.500 kg ha⁻¹.

Para o número de grãos por vagem sem adubação, o regime muito seco (11,2 grãos) não se diferenciou do seco (13,5 grãos), e o regime normal (14,5 grãos) não mostrou diferença com o seco e chuvoso (14,9 grãos). À medida que o uso do fertilizante natural proporcionou diferenças significativas entre os regimes com exceção do normal e chuvoso (Figura 29).

Figura 29. Número de grãos por vagem do feijão em diferentes cenários hídricos (muito seco, seco, normal e chuvoso) sob presença ou ausência de adubação orgânica

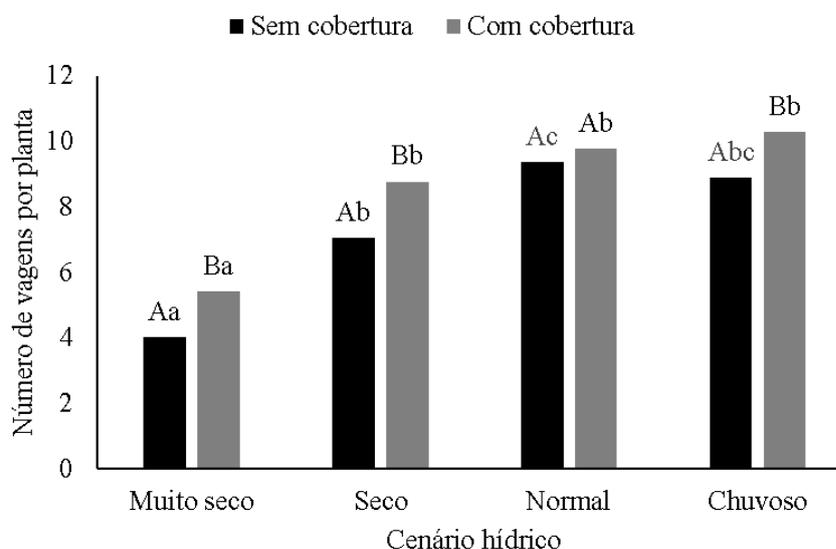


* Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si nas parcelas com e sem cobertura morta pelo teste de Tukey a 5%; médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si dentro de cada regime pluviométrico pelo teste de Tukey a 5%

O número de vagens por planta foi afetado pela presença e ausência de cobertura morta, no regime muito seco obteve-se 4 e 5,4 vagens, no seco 7,1 e 8,8 vagens, normal 9,4 e 9,8 vagens e chuvoso 9 e 10,3 vagens, respectivamente (Figura 30), sem cobertura morta o cenário muito seco, seco e chuvoso apresentaram diferenças significativas. Avaliando as parcelas com proteção do solo observou-se que o muito seco se diferenciou dos demais.

Na Figura 30 observou-se que a presença de cobertura morta atenuou os efeitos do excedente de água do regime chuvoso. Nestas condições a palhada funciona como um reservatório e evita que todo o volume hídrico atinja o solo ao mesmo tempo, possibilitando a liberação gradual da água para infiltração no perfil. Vidaletti *et al.* (2021) verificaram que o uso de cobertura morta reduziu os efeitos de chuva intensa, possibilitando maior infiltração de água.

Figura 30. Número de vagens por planta de feijão em diferentes cenários hídricos (muito seco, seco, normal e chuvoso) sob presença ou ausência de cobertura morta



* Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si nas parcelas com e sem cobertura morta pelo teste de Tukey a 5%; médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si dentro de cada regime pluviométrico pelo teste de Tukey a 5%

No peso de 100 sementes o regime pluviométrico e a ausência de cobertura morta influenciaram nas médias de todos os cenários hídricos, o muito seco sobressaiu-se com 30 g, enquanto o seco, normal e chuvoso apresentaram 29, 27,6, e 26,8 gramas, respectivamente. Na presença de cobertura no solo registrou-se semelhanças entre o muito seco (29,9 g) e seco (29,2 g) que diferiram do normal (27,2 g) e chuvoso (26,8 g), Figura 26.

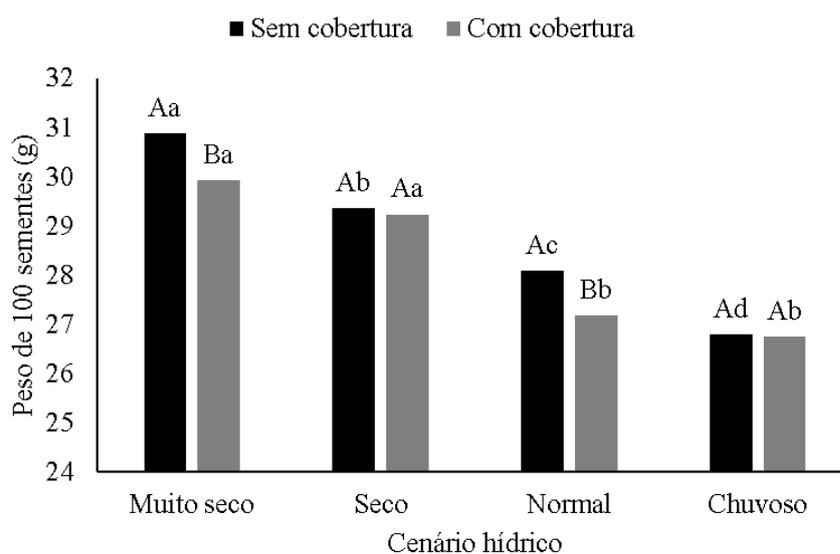
Avaliando o peso de 100 sementes (Figura 31) ocorreu um decréscimo do peso conforme o aumento da lâmina de água. As condições hídricas limitadas durante todo o ciclo da cultura e a ausência de veranicos no enchimento dos grãos colaboraram para o aumento do P100 grãos no cenário muito seco.

Além disso, devido ao pouco aporte hídrico durante o ciclo da cultura, a planta concentrou sua produção e distribuição de fotoassimilados para a produção de sementes, de modo a garantir a perpetuação da espécie. Corroborando com o estudo de Freitas *et al.* (2013),

que observaram o crescimento da massa dos grãos conforme o aumento de dias com déficit hídrico. Em contraponto Rodrigues *et al.* (2019) avaliaram o desempenho do BRS Pujante sob duas lâminas de irrigação (183,75 e 405,55 mm) e não obtiveram diferenças significativas no peso de 100 sementes.

O cenário chuvoso sem cobertura apresentou os menores valores do P100, conforme Arf *et al.* (2004) o excesso de água no solo interfere na aeração e na produção de fotoassimilados pela planta e reduz o enchimento dos grãos. O resultado encontrado do peso de 100 sementes (Figura 26) em qualquer tratamento foi superior ao de outras cultivares. Dutra *et al.* (2015) avaliaram a BRS Guariba, BR17 Gurguéia e BRS Marataoã e adquiriram P100 de 20, 13 e 19 gramas, respectivamente.

Figura 31. Peso de 100 sementes de feijão em diferentes cenários hídricos (muito seco, seco, normal e chuvoso) sob presença ou ausência de cobertura morta



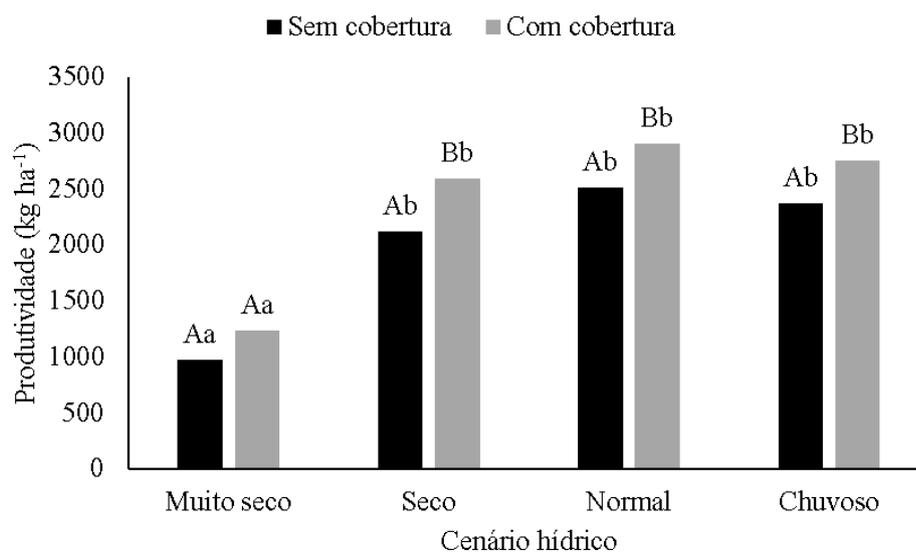
* Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si nas parcelas com e sem cobertura morta pelo teste de Tukey a 5%; médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si dentro de cada regime pluviométrico pelo teste de Tukey a 5%

Na Figura 32 a produtividade máxima em condições com cobertura foi de 2.906 kg ha⁻¹ e sem cobertura foi de 2.512 kg ha⁻¹, ambas no cenário normal, com lâmina total de 410 mm. Resultados superiores ao de Moura *et al.* (2009), os pesquisadores usando a BRS Pujante obtiveram produtividade de 1.320 kg ha⁻¹ com 476 mm e 1.374 kg ha⁻¹ com 442 mm de lâmina hídrica.

O regime seco diferenciou-se dos demais pelo teste de Tukey e apresentou produtividade de 968 kg ha⁻¹ e 1.232 kg ha⁻¹, na ausência e presença de cobertura morta,

respectivamente, observou-se incremento de 27% no rendimento do feijão-caupi com a prática conservacionista. O uso da cobertura morta promoveu crescimento da produtividade em todos os cenários hídricos, seco (16%), normal (17%) e chuvoso (22%).

Figura 32. Produtividade do feijoeiro em diferentes cenários hídricos (muito seco, seco, normal e chuvoso) sob presença ou ausência de cobertura morta



* Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si nas parcelas com e sem cobertura morta pelo teste de Tukey a 5%; médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si dentro de cada regime pluviométrico pelo teste de Tukey a 5%

Analisando a produtividade (Figura 32) em condições sem cobertura morta observou-se incremento dos valores até o regime normal e redução no cenário chuvoso. Vale ressaltar que o excesso hídrico interfere no suprimento de oxigênio do solo e nas atividades metabólicas dos organismos aeróbicos. Os regimes normal e chuvoso obtiveram lâmina total aplicada de 410 mm e 597 mm, respectivamente. De acordo com Oliveira *et al.* (2017) a necessidade hídrica do feijão varia de 300 a 450 mm por ciclo. Portanto o cenário normal apresentou volume hídrico compatível com as exigências da cultura enquanto o chuvoso mostrou um excedente de 147 mm.

5.4 Conclusão

As práticas conservacionistas e o regime pluviométrico influenciaram as variáveis de produção do feijão (comprimento médio da vagem, número de grãos por vagem, peso de 100 sementes e produtividade).

O uso de cobertura morta resultou em aumento da produtividade do feijão-caupi diante todos os cenários hídricos.

O sistema de produção com maior nível de manejo atenuou as perdas de água do solo em períodos de estiagem.

REFERÊNCIAS

- ADEKIYA, A. O.; AREMU, C.; AGBEDE, T. M.; OLAYANJU, A.; EJUE, W. S.; ADEGBITE, K. A.; OLAYIWOLA, I. E.; AJIBOYE, B.; ONI, A. T. Soil productivity improvement under different fallow types on Alfisol of a derived savanna ecology of Nigeria. **Heliyon**, [S.l.], v. 7, n. 4, p. e06759, 2021.
- ALVES, D. F.; FRANCO JUNIOR, K. S.; BRIGANTE, G. G. P.; DIAS, M. S.; FERREIRA, N. S. Effects of different organic material sources on soil fertility and moisture. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, Campinas, v. 15, n. 14, 2021.
- ALUKU, H.; KOMAKECH, H. C.; GRIENSVEN, A. V.; MAHOO, H.; EISENREICH, S. Seasonal profitability of soil and water conservation techniques in semi-arid agro-ecological zones of Makanya catchment, Tanzania. **Agricultural Water Management**, [S.l.], v. 243, p. 106493, 2021.
- AMARO FILHO, J.; ASSIS JÚNIOR, R.N.; MOTA, J.C. Física do Solo: conceitos e aplicações. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2008.
- ARAÚJO, L. B. R. **Potencial genético de variedades tradicionais de feijão-caupi e avaliação para resistência à murcha-de-Fusarium**. 2017. 80 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.
- ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S.; NASCIMENTO, V. Manejo do solo, água e nitrogênio no cultivo de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 2, p. 131-138, 2004.
- BLEICHER, E.; SILVA, P. H. S. Manejo de Pragas. In: VALE, J. C.; BERTINI, C.; BORÉM, A. (org.) **Feijão-Caupi do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2017. Cap. 8, p. 171-203.
- BUESA, I.; MIRÁ-AVALOS, J. M.; PAZ, J. M.; VISCONTI, F.; SANZ, F.; YEVES, A.; GUERRA, D.; INTRIGLIOLO, D. S. Soil management in semi-arid vineyards: Combined effects of organic mulching and no-tillage under different water regimes. **European Journal of Agronomy**, [S.l.], v. 123, p. 126198, 2021.
- CANTARUTTI, R. B.; BARROS, N. F.; PRIETO, H. E.; NOVAIS, R. F. Avaliação da fertilidade do solo e recomendação de fertilizantes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J C. L. (org.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. Cap. XIII, p. 769-850.
- CAVALCANTE, E. S. **Irrigação suplementar com águas salobras como estratégia para incrementar a produtividade do milho no semiárido brasileiro**. 2020. 111 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.
- CHOUDHARY, V. K.; MEENA, R. S. Assessment of diverse tillage system with mulching for water-cum-energy efficiency and soil carbon stabilization in maize (*Zea mays* L.)-rapeseed (*Brassica campestris* L.) system. **Soil and Tillage Research**, [S.l.], v. 219, p. 105326, 2022.

COSTA FILHO, J. **Efeitos da instabilidade pluviométrica sobre a previsão da produção de lavouras de sequeiro em áreas sujeitas à desertificação (ASD) no semiárido do estado do Ceará: casos de Irauçuba e Tauá.** 2019. 100 f. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

DUTRA, A. F.; MELO, A. S.; FILGUEIRAS, L. M. B.; SILVA, A. R. F.; OLIVEIRA, I. M.; BRITO, M. E. B. Parâmetros fisiológicos e componentes de produção de feijão-caupi cultivado sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Pernambuco, v. 10, n. 2, p. 189-197, 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo.** 2.ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.

FEITOSA, E. O. **Balço emergético de diferentes sistemas de produção agrícola na região nordeste do Brasil.** 2018. 251 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

FERNANDES, F. B. P. **Disponibilidade hídrica para a cultura do feijão-de-corda em função do manejo de solo no semiárido cearense.** 2014. 111 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; RODRIGUES, J. E. L. F.; VIEIRA, P. F. M. J. A Cultura: Aspectos Socioeconômicos. In: VALE, J. C.; BERTINI, C.; BORÉM, A. (org.) **Feijão-Caupi do plantio à colheita.** Viçosa, MG: Ed. UFV, 2017. Cap. 1, p. 9-34.

FREITAS, R. M. O.; TORRES, S. B.; NOGUEIRA, N. W.; LEAL, N. W.; FARIAS, R. M. Produção e qualidade de sementes de feijão-caupi em função de sistemas de plantio e estresse hídrico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 4, p. 370-376, 2013.

FURTINI NETO, A. E.; VALE, F.R.; RESENDE, A.V.; GUILHERME, L.R.G.; GUEDES, G.A.A. **Fertilidade do solo.** Lavras: UFLA, 2001.

IBRAHIM, M.; KHAN, A.; ANJUM; ALI, W.; AKBAR, H. Mulching techniques: An approach for offsetting soil moisture deficit and enhancing manure mineralization during maize cultivation. **Soil and Tillage Research**, [S.l.], v. 200, p. 104631, 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário 2017.** IBGE, 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010, Área territorial brasileira.** Rio de Janeiro: IBGE, 2011

LEMOS, J. J. S.; SANTIAGO, D. F. Instabilidade da agricultura familiar no Semiárido. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, v. 29, n. 1, p. 94, 2020.

LIAO, Y.; CAO, H.; LIU, X.; LI, H.; HU, Q.; XUE, W. By increasing infiltration and reducing evaporation, mulching can improve the soil water environment and apple yield of orchards in semiarid areas. **Agricultural Water Management**, [S.l.], v. 253, p. 106936, 2021.

LIER, Q. J. Disponibilidade de água às plantas. In: LIER, Q. J. (org.). **Física do Solo**. Viçosa – MG: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2010. Cap. 8. p. 283-298.

LIMA, C. S. Manejo de doenças. In: VALE, J. C.; BERTINI, C.; BORÉM, A. (org.) **Feijão-Caupi do plantio à colheita**, Viçosa, MG: Ed. UFV, 2017. Cap. 7, p. 144-170.

LIMA, M. A. S.; LIRA, M. A. T. A Variabilidade Climática e os Desastres Naturais no Estado do Ceará (1991-2019). **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v. 36, p. 603-614, 2021.

MARTINS, M. M.; MARTINS, S. C.; BORGES, W. L. Correção da acidez, adubação e fixação biológica. In: VALE, J. C.; BERTINI, C.; BORÉM, A. (org.) **Feijão-Caupi do plantio à colheita**, Viçosa, MG: Ed. UFV, 2017. Cap. 3, p. 52-69.

MBANYELE, V.; MTAMBANENGWE, F.; NEZOMBA, H.; GROOT, J. C. J.; MAPFUMO, P. Combinations of in-field moisture conservation and soil fertility management reduce effect of intra-seasonal dry spells on maize under semi-arid conditions. **Field Crops Research**, [S.l.], v. 270, p. 108218, 2021.

MELMAN, D. A.; KELLY, C.; SCHRIEKKLOTH, J.; CALDERÓN, F.; FONTE, S. J. Tillage and residue management drive rapid changes in soil macrofauna communities and soil properties in a semiarid cropping system of Eastern Colorado. **Applied soil ecology**, [S.l.], v. 143, p. 98-106, 2019.

MENDES, R. M. S.; TÁVORA, F. J. A. F.; PITOMBEIRA, J. B.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Relações fonte-dreno em feijão-de-corda submetido à deficiência hídrica. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 38, n. 1, p. 95-103, 2007.

MUNIZ, L. F.; PEREIRA, J. M. R.; XIMENES JÚNIOR, C. L.; STUDAR, T. M. C. Classificação climática para o estado do Ceará utilizando distintos sistemas de caracterização. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. 12., 2017, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: ABRHidro, 2017, p. 1-8.

MOURA, M. S. B.; SOUZA, L. S. B.; SILVA, T. G. F.; BRANDÃO, E. O.; SOARES, J. M. Efeito da lâmina de irrigação na produtividade do feijão-caupi no semi-árido brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 38., 2009, Juazeiro e Petrolina. **Anais [...]**. Juazeiro, Petrolina: SBEA, 2009.

NASCIMENTO, J. T.; PEDROSA, M. B.; SOBRINHO, J. T. Efeito da variação de níveis de água disponível no solo sobre o crescimento e produção de feijão caupi, vagens e grãos verdes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, p. 174-177, 2004.

NASCIMENTO, S. P.; BASTOS, E. A.; ARAÚJO, E. C. E.; FREIRE FILHO, F. R.; SILVA, E. M. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, p. 853-860, 2011.

NUNES, K. G. **Recursos hídricos subterrâneos e estratégias de produção agropecuária no semiárido brasileiro**. 2021.133 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021

NUNES, E. D. S.; SOUSA, J. S. C.; BRITO, M. E. B.; SILVA, W. C.; RODRIGUES, E. G.; CORDEIRO JUNIOR, J. J. F. Production efficiency of ‘BRS Pujante’ cowpea using single and dual Kc for irrigation. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 25, p. 648-654, 2021.

OLIVEIRA, A. B.; MESQUITA, R. M.; GUIMARÃES, M. A.; LEMOS NETO, H. S.; SILVA, T. M. Exigências edafoclimáticas e ecofisiologia. In: VALE, J. C.; BERTINI, C.; BORÉM, A. (org.) **Feijão-Caupi do plantio à colheita**, Viçosa, MG: Ed. UFV, 2017. Cap. 3, p. 52-69.

OLIVEIRA, A. C.; ARAUJO, A. F. B.; LACERDA, C. F.; CANJÁ, J. F.; PINHO, L. L.; SOUSA, N. I. G. INFLUÊNCIA DA IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR COM ÁGUAS RESIDUÁRIAS SOBRE AS TROCAS GASOSAS FOLIARES DO ALGODOEIRO. **Irriga**, São Paulo, v. 25, n. 4, p. 677-682, 2020.

PEREIRA, F. F. S.; MATSURA, E. E.; MOUSINHO, F. E. P.; BIZARI, D. R. Retenção de água em níveis de cobertura morta no feijoeiro irrigado em sistema plantio direto. **Irriga**, São Paulo, v. 20, n. 3, p. 557-569, 2015.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. São Paulo: Esalq, 1985.

REN, A.; ZHOU, R.; MO, F.; LIU, S.; LI, J.; CHEN, Y.; ZHAO, L.; XIONG, Y. Soil water balance dynamics under plastic mulching in dryland rainfed agroecosystem across the Loess Plateau. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [S.l.], v. 312, p. 107354, 2021.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and Improvement of saline and alkali soils**. Washington: Salinity Laboratory Staff, 1954.

ROCHA, T. B. C.; VASCONCELOS JÚNIOR, F. C.; SILVEIRA, C. S.; MARTINS, E. S. P. R.; SILVA, R. F. V. Veranicos no Ceará e Aplicações para Agricultura de Sequeiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v. 35, p. 435-447, 2020.

RODRIGUES, J. S.; SILVA, M. G. G.; SOUSA, J. S. C.; SIMÕES, W. L.; LORENZO, V. P. Tensiometria e balanço hídrico climatológico no manejo de irrigação do feijão-caupi “BRS Pujante”. **Revista Semiárido De Visu**, Pernambuco, v. 7, n. 3, p. 294-305, 2019.

SANTOS, C. A. F. Cultivares de feijão-caupi para o Vale do São Francisco. **Circular Técnica**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/901506>>. Acesso em 05 jun. 2021.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**. [S.l.], v. 52, n. 3 – 4, p. 591-611, 1965.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (org.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. Cap. VI, p. 275-374.

SILVA, W. C.; MOURA, J. C.; VIANA, I. E. T.; NOGUEIRA, A. S. P.; SILVA, T. M.; OLIVEIRA, A. B. Produtividade de feijão-caupi submetido a diferentes lâminas de irrigação com uso de biofertilizante. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 12, n. 6, p. 3028-3039, 2019.

SOBRAL, L. F.; BARETO, M. C. V.; SILVA, A. J.; ANJOS, J. L. **Guia prático para interpretação de resultados de análises de solos**. Embrapa Tabuleiros Costeiros: Aracajú – Sergipe, 2015.

SOUZA, R.; JHA, A.; CALABRESE, S. Quantifying the hydrological impact of soil mulching across rainfall regimes and mulching layer thickness. **Journal of Hydrology**, [S.l.], v. 607, p. 127523, 2022.

TAGLIAFERRE, C.; GUIMARÃES, D. U. G.; GONÇALVES, L. J.; AMORIM, C. H. F.; MATSUMOTO, S. N.; D'ARÊDE, L. O. Produtividade e tolerância do feijão caupi ao estresse salino. **Irriga**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 168-179, 2018.

TORRES, W. L. V.; VIANA, T. V. A.; SOUSA, G. G.; PEREIRA FILHO, J. V.; GOMES, K. R.; AZEVEDO, B. M. Lâminas de irrigação e coberturas vegetais mortas no consórcio entre feijão-caupi e milho. **Research, Society and Development**, [S.l.], v. 9, n. 8, 2020.

VALE, J. C.; BERTINI, C. H. C. M.; TEÓFILO, E. M.; PINHEIRO, M. S.; MELO, L. F. Botânica e fenologia. In: VALE, J. C.; BERTINI, C.; BORÉM, A. (org.) **Feijão-Caupi do plantio à colheita**, Viçosa, MG: Ed. UFV, 2017. Cap. 3, p. 52-69.

VIDALETTI, V. F.; MARINS, A. C.; SECCO, D.; RIZZI, R. L.; CHANG, P. Impacto da cobertura do solo, declividade e precipitação na infiltração de água no solo. **Research, Society and Development**, [S.l.], v. 10, n. 17, 2021.

VIEIRA, F. F.; DALLACORT, R.; BARBIERI, J. D.; DALCHIAVON, F. C.; DANIEL, D. F. Temperatura e umidade do solo em função do uso de cobertura morta no cultivo de milho. **Científica**, São Paulo, v. 48, n. 3, p. 188-199, 2020.

WANG, X.; REN, Y.; ZHANG, S.; CHEN, Y.; WANG, N. Applications of organic manure increased maize (*Zea mays* L.) yield and water productivity in a semi-arid region. **Agricultural Water Management**, [S.l.], v. 187, p. 88-98, 2017.

WILLIAMS, A.; KAY, P.; STIRLING, G.; WENG, X.; BELL, L. Impacts of reducing fallow periods on indicators of soil function in subtropical dryland farming systems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [S.l.], v. 324, p. 107727, 2022.

ZHANG, X. C.; GUO, J.; MA, Y. F.; X. F.; HOU, H. Z.; WANG, H. L.; FANG, Y. J.; TANG, Y. F. Effects of vertical rotary subsoiling with plastic mulching on soil water availability and potato yield on a semiarid Loess plateau, China. **Soil and Tillage Research**, [S.l.], v. 199, p. 104591, 2020.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho indica que no Estado do Ceará as regiões mais vulneráveis as condições climáticas são o Sertão Central e Inhamuns e Jaguaribana. As localidades apresentam o menor volume precipitado e a maior incidência de veranicos longos do estado, padrão observado sob diferentes cenários hídricos.

Logo, o incentivo a adoção de práticas conservacionistas, como cobertura morta e adubação orgânica, é uma alternativa viável a ser considerada em projetos relacionados ao desenvolvimento da agricultura de sequeiro no semiárido, pois as técnicas possuem capacidade de reduzir as perdas de água no solo durante os períodos de estiagem e contribuir para a produtividade do feijão-caupi.

Recomendamos a repetição do experimento de modo a obter mais de um ciclo da cultura do feijão, abrangendo outras regiões do Ceará, maiores durações de veranicos e diferentes manchas de solo. Além disso, sugerimos a avaliação das atividades fisiológicas das plantas submetidas ao estresse hídrico para verificar se existe diferenciação no metabolismo dos indivíduos cultivados com manejo conservacionista.

Sugerimos também a análise econômica e de sustentabilidade ambiental dos sistemas de produção adotados no presente trabalho, de modo a verificar os retornos financeiros e a viabilidade a longo prazo.

REFERÊNCIAS

- ADEKIYA, A. O.; AREMU, C.; AGBEDE, T. M.; OLAYANJU, A.; EJUE, W. S.; ADEGBITE, K. A.; OLAYIWOLA, I. E.; AJIBOYE, B.; ONI, A. T. Soil productivity improvement under different fallow types on Alfisol of a derived savanna ecology of Nigeria. **Heliyon**, [S.l.], v. 7, n. 4, p. e06759, 2021.
- AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DO CEARÁ. **Perímetros públicos irrigados do Ceará (2011)**. Fortaleza, 2012. Disponível em: https://www.adece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/98/2012/10/perimetros_publicos_do_ceara_sb-7.pdf. Acesso em: 28 de julho de 2022.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS; INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Uso da água na agricultura de sequeiro no Brasil (2013-2017)**. Brasília: ANA, 2020.
- ALCARDE, J. C. Fertilizantes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J C. L. (org.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. Cap. XII, p. 737-768.
- ALUKU, H.; KOMAKECH, H. C.; GRIENSVEN, A. V.; MAHOO, H.; EISENREICH, S. Seasonal profitability of soil and water conservation techniques in semi-arid agro-ecological zones of Makanya catchment, Tanzania. **Agricultural Water Management**, [S.l.], v. 243, p. 106493, 2021.
- ALVES, D. F.; FRANCO JUNIOR, K. S.; BRIGANTE, G. G. P.; DIAS, M. S.; FERREIRA, N. S. Effects of different organic material sources on soil fertility and moisture. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, Campinas, v. 15, n. 14, 2021.
- AMARO FILHO, J.; ASSIS JÚNIOR, R.N.; MOTA, J.C. Física do Solo: conceitos e aplicações. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2008.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S.; SANTOS, A. A.; SOBRINHO, C. A.; BASTOS, E. A.; MELO, F. B.; VIANA, F. M. P.; FREIRE FILHO, F. R.; CARNEIRO, J. S.; ROCHA, M. M.; CARDOSO, M. J.; SILVA, P. H. S.; RIBEIRO, V. Q. **Sistemas de Produção 2: Cultivo do Feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**. EMBRAPA Meio-Norte: Teresina, 2002.
- ANDRADE, E. M. A Floresta tropical seca, caatinga: as certezas e incertezas das águas. **Tordesillas Revista de Investigación Multidisciplinar**, [S.l.], v. 12, p. 11-20, 2017.
- ARAÚJO FILHO, J. **Manejo pastoril sustentável da caatinga**. Recife: Projeto Dom Helder Câmara, 2013.
- ARAÚJO, L. B. R. **Potencial genético de variedades tradicionais de feijão-caupi e avaliação para resistência à murcha-de-Fusarium**. 2017. 80 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.
- ARAYA, T.; NYSSSEN, J.; GOVAERTS, B.; DECKERS, J.; SOMMER, R.; BAUER, H.; GEBREHIOWT, K.; CORNELIS, W. M. Seven years resource-conserving agriculture effect

on soil quality and crop productivity in the Ethiopian drylands. **Soil & Tillage Research**, [S.l.], v. 163, p. 99-109, 2016.

ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; SÁ, M. E.; BUZETTI, S.; NASCIMENTO, V. Manejo do solo, água e nitrogênio no cultivo de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 2, p. 131-138, 2004.

BAL, S. K.; SANDEEP, V. M.; KUMAR, P. V.; PRAMOD, V. P.; MANIKANDAN, N.; RAO, C. S.; SINGH, N. P.; BHASKAR, S. Assessing impact of dry spells on the principal rainfed crops in major dryland regions of India. **Agricultural and Forest Meteorology**, [S.l.], v. 313, p. 108768, 2022.

BALTACI, H.; ARSLAN, H. Seasonal and regional variability of wet and dry spell characteristics over Turkey. **Atmospheric Research**, [S.l.], v. 270, p. 106083, 2022.

BLANCO-MOURE, N.; GRACIA, R.; BIELSA, A. C.; LÓPEZ, M. V. Soil organic matter fractions as affected by tillage and soil texture under semiarid Mediterranean conditions. **Soil & Tillage Research**, [S.l.], v. 155, p. 381-389, 2016.

BLEICHER, E.; SILVA, P. H. S. Manejo de Pragas. In: VALE, J. C.; BERTINI, C.; BORÉM, A. (org.) **Feijão-Caupi do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2017. Cap. 8, p. 171-203.

BRITO, S. S. B.; CUNHA, A. P. M.; CUNNINGHAM, C.C.; ALVALÁ, R. C.; MARENGO, J. A.; CARVALHO, M. A. Frequency, duration and severity of drought in the Semiarid Northeast Brazil region. **International Journal of Climatology**, [S.l.], v. 38, n. 2, p. 517-529, 2018.

BUESA, I.; MIRÁ-AVALOS, J. M.; PAZ, J. M.; VISCONTI, F.; SANZ, F.; YEVES, A.; GUERRA, D.; INTRIGLIOLO, D. S. Soil management in semi-arid vineyards: Combined effects of organic mulching and no-tillage under different water regimes. **European Journal of Agronomy**, [S.l.], v. 123, p. 126198, 2021.

CAITANO, R. F. **Geoprocessamento na análise de risco de salinização dos solos do Estado do Ceará**. 2012. 149 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, [S.l.], v. 58, p. 1501-11, 1994.

CAMPOS, D. A.; ANDRADE, E. M. Seasonal trend of climate variables in an area of the Caatinga phytogeographic domain. **Revista Agro@mbiente**, Roraima, v. 15, 2021.

CANTARUTTI, R. B.; BARROS, N. F.; PRIETO, H. E.; NOVAIS, R. F. Avaliação da fertilidade do solo e recomendação de fertilizantes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J C. L. (org.).

Fertilidade do solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. Cap. XIII, p. 769-850.

CARVALHO, A. A.; MONTENEGRO, A. A. A.; SILVA, L. J. S.; COSTA, R. S.; ALMEIDA, G. C. Análise do crescimento fisiológico do sorgo irrigado com água residuária tratada associado com cobertura morta. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 14, n. 5, p. 4258-4270, 2021.

CARVALHO, A. T. F. Caracterização climática da quadra chuvosa de município do semiárido brasileiro, entre os anos de 2013 a 2017. **Geografia em Atos**, Presidente Prudente, v. 2, n. 17, p. 04-23, 2020.

CARVALHO, J. R. P.; ASSAD, E. D.; PINTO, H. S. Interpoladores geoestatísticos na análise da distribuição espacial da precipitação anual e de sua relação com altitude. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, p. 1235-1242, 2012.

CARVALHO, J. R. P.; SILVEIRA, P. M.; VIEIRA, S. R. Geoestatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, p. 1151-1159, 2002.

CAVALCANTE, E. S. **Irrigação suplementar com águas salobras como estratégia para incrementar a produtividade do milho no semiárido brasileiro.** 2020. 111 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

CAVALCANTE, E. S.; LACERDA, C. F.; COSTA, R. N. T.; GHEYI, H. R.; PINHO, L. L.; BEZERRA, F. M. S.; OLIVEIRA, A. C.; CANJÁ, J. F. Supplemental irrigation using brackish water on maize in tropical semi-arid regions of Brazil: yield and economic analysis. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 78, 2021.

CHAGHAZARDI, H. R.; JAHANSOUZ, M. R.; AHMADI, A.; GORJI, M. Effects of tillage management on productivity of wheat and chickpea under cold, rainfed conditions in western Iran. **Soil & Tillage Research**, [S.l.], v. 162, p. 26-33, 2016.

CHOUDHARY, V. K.; MEENA, R. S. Assessment of diverse tillage system with mulching for water-cum-energy efficiency and soil carbon stabilization in maize (*Zea mays* L.)-rapeseed (*Brassica campestris* L.) system. **Soil and Tillage Research**, [S.l.], v. 219, p. 105326, 2022.

COELHO, J. B. M.; BARROS, M. F. C.; BEZERRA NETO, E.; SOUZA, E. R. Ponto de murcha permanente fisiológico e potencial osmótico de feijão caupi cultivado em solos salinizados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, p. 708-713, 2014.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** RS/SC: SBCS, 2004.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v. 6, n. 3, 2018. Brasília: CONAB, 2018.

COOPER, M.; MAZZA, J. A. **Água no solo: características e comportamento**. São Paulo: USP, 2016.

COSTA FILHO, J. **Efeitos da instabilidade pluviométrica sobre a previsão da produção de lavouras de sequeiro em áreas sujeitas à desertificação (ASD) no semiárido do estado do Ceará: casos de Irauçuba e Tauá**. 2019. 100 f. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

COSTA, J. A.; SILVA, D. F. Distribuição espaço-temporal do Índice de anomalia de chuva para o Estado do Ceará (Distribution space-temporal of rain anomaly index for the Ceará State). **Revista brasileira de geografia física**, Recife, v. 10, n. 4, p. 1002-1013, 2017.

COSTA, M. N.; BECKER, C. T.; BRITO, J. I. B. Análise das séries temporais de precipitação do semiárido paraibano em um período de 100 anos-1911 a 2010. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 6, n. 04, p. 680-696, 2013.

COUTINHO, M. D. L.; GOMES, A. C. S.; MORAIS, M. D. C.; SAKAMOTO, M. S. Análise comparativa do regime pluviométrico entre anos secos e chuvosos na bacia do Rio Piranhas Açu. **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 41, n. 3, p. 758-765, 2018.

CUNNINGHAM, C. Characterization Of Dry Spells In Southeastern Brasil During The Monsoon Season. **International Journal of Climatology**, [S.l.], v. 40, n.1, 2020.

DANTAS, M. E.; SHINZATO, E.; BRANDÃO, R. L.; FREITAS, R. L.; FREITAS, L. C. B.; TEIXEIRA, W. G. Origem das paisagens. In: BRANDÃO, R. L.; FREITAS, L. C. B. (org.). **GEODIVERSIDADE DO ESTADO DO CEARÁ**. Fortaleza: CPRM, 2014. Cap. 2, p. 37-60.

DARYANTO, S.; WANG, L.; JACINTHE, P. Global synthesis of drought effects on maize and wheat production. **PloS one**, [S.l.], v. 11, n. 5, p. e0156362, 2016.

DUTRA, A. F.; MELO, A. S.; FILGUEIRAS, L. M. B.; SILVA, A. R. F.; OLIVEIRA, I. M.; BRITO, M. E. B. Parâmetros fisiológicos e componentes de produção de feijão-caupi cultivado sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Pernambuco, v. 10, n. 2, p. 189-197, 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.

FEITOSA, E. O. **Balanco emergético de diferentes sistemas de produção agrícola na região nordeste do Brasil**. 2018. 251 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

FERIJAL, T.; BATELAAN, O.; SHANAFIELD, M. Spatial and temporal variation in rainy

season droughts in the Indonesian Maritime Continent. **Journal of Hydrology**, [S.l.], v. 603, p. 126999, 2021.

FERNANDES, F. B. P. **Disponibilidade hídrica para a cultura do feijão-de-corda em função do manejo de solo no semiárido cearense**. 2014. 111 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

FERNANDES, F. B. P.; LACERDA, C. F.; ANDRADE, E. M.; NEVES, A. L. R.; SOUSA, C. H. C. Efeito de manejos do solo no déficit hídrico, trocas gasosas e rendimento do feijão-de-corda no semiárido. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, n. 3, p. 506-515, 2015.

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. M. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista brasileira de climatologia**, Paraná, v. 1, n. 1, 2005.

FERREIRA, M. M. Caracterização física do solo. In: LIER, Q. J. (org.). **Física do Solo**. Viçosa – MG: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2010. Cap. I. p. 1-28.

FERREIRA, P. S.; SOUZA, W. M.; SILVA, J. F.; GOMES, V. P. Variabilidade espaço-temporal das tendências de precipitação na mesorregião sul Cearense e sua relação com as anomalias de TSM. **Revista brasileira de meteorologia**, Rio de Janeiro, v. 33, p. 141-152, 2018.

FERREIRA, R.; SOUZA, L. S.; NASCIMENTO, M. N.; SILVEIRA, F. G. F. Permanent wilt point from two methods for different combinations of citrus rootstock. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 50, 2020.

FILION, R.; BERNIER, M; PANICONE, C.; CHOKMANI, K.; MELIS, M.; SODDU, A.; TALAZAC, M.; LAFORTUNE, F. Remote sensing for mapping soil moisture and drainage potential in semi-arid regions: Applications to the Campidano plain of Sardinia, Italy. **Science of the Total Environment**, [S.l.], v. 543, p. 862-876, 2016.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS. **Trees, forests and land use in drylands the first global assessment – Full report**. Rome: FAO Forestry, n. 184, 2019.

FRAGA, M. S.; ALMEIDA, L. T.; ABREU, M. C.; SILVA, F. B.; REIS, G. B.; FERREIRA, R. G. Avaliação da qualidade das águas superficiais na circunscrição hidrográfica do rio Piranga utilizando análise estatística multivariada e não-paramétrica. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 14, n. 02, p. 694-710, 2021.

FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D.; LIMA, E. R. V.; OLIVEIRA, F. P. APTIDÃO CLIMÁTICA E PEDOLÓGICA DA CULTURA DO FEIJÃO CAUPI PARA AS REGIÕES DO AGRESTE E BREJO PARAIBANO. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 11, n. 4, p. 1557, 2017.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; RODRIGUES, J. E. L. F.; VIEIRA, P. F. M. J. A. Cultura: Aspectos Socioeconômicos. In: VALE, J. C.; BERTINI, C.; BORÉM, A. (org.) **Feijão-Caupi do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2017. Cap. 1, p. 9-34.

FREITAS, R. M. O.; DOMBROSKI, J. L. D.; FREITAS, F. C. L.; NOGUEIRA, N. W.; PROCÓPIO, I. J. S. Crescimento de feijão-caupi sob efeito de veranico nos sistemas de plantio direto e convencional. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 2, 2014.

FREITAS, R. M. O.; TORRES, S. B.; NOGUEIRA, N. W.; LEAL, N. W.; FARIAS, R. M. Produção e qualidade de sementes de feijão-caupi em função de sistemas de plantio e estresse hídrico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 4, p. 370-376, 2013.

FROTA, K. M. G.; SOARES, R. A. M.; ARÊAS, J. A. G. Composição química do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp), cultivar BRS-Milênio. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 28, n. 2, p. 470-476, 2008.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA. **Sistemas Atmosféricos Atuantes Sobre o Nordeste**. Ceará, 2014. Disponível em: <<http://www.funceme.br/?p=967>>. Acesso em 16 abr. 2021.

FURTINI NETO, A. E.; VALE, F.R.; RESENDE, A.V.; GUILHERME, L.R.G.; GUEDES, G.A.A. **Fertilidade do solo**. Lavras: UFLA, 2001.

GOBIN, A.; VYVER, H. Spatio-temporal variability of dry and wet spells and their influence on crop yields. **Agricultural and Forest Meteorology**, [S.l.], v. 308, p. 108565, 2021.

GONG, D. Y.; WANG, J. A.; HAN, H. Trends of summer dry spells in China during the late twentieth century. **Meteorology and Atmospheric Physics**, [S.l.], v. 88, n. 3-4, p. 203-214, 2005.

HAO, X.; HE, W.; LAM, S. K.; LI, P.; ZONG, Y.; ZHANG, D.; LI, F. Y. Enhancement of no-tillage, crop straw return and manure application on field organic matter content outweigh the adverse effects of climate change in the arid and semi-arid Northwest China. **Agricultural and Forest Meteorology**, [S.l.], v. 295, p. 108199, 2020.

HIERA, M. D.; LIMA JUNIOR, A. F.; ZANELLA, M. E. Análise da tendência da precipitação no Estado do Ceará no período 1974 a 2016. **Revista Brasileira de Climatologia**, Paraná, v. 24, 2019.

HUANG, J.; LIU, F.; XUE, Y.; SUN, S. The spatial and temporal analysis of precipitation concentration and dry spell in Qinghai, northwest China. **Stochastic Environmental Research and Risk Assessment**, [S.l.], v. 29, p. 1403-1411, 2015.

IBRAHIM, M.; KHAN, A.; ANJUM; ALI, W.; AKBAR, H. Mulching techniques: An approach for offsetting soil moisture deficit and enhancing manure mineralization during maize cultivation. **Soil and Tillage Research**, [S.l.], v. 200, p. 104631, 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário 2017**. IBGE, 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010, Área territorial brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

INSTITUTO PORTUGUÊS DO MAR E DA ATMOSFERA. **Normais Climatológicas**.

Lisboa, 2021. Disponível em: <

<https://www.ipma.pt/pt/enciclopedia/clima/index.html?page=normais.xml>>. Acesso em 05 jun. 2021.

JARRETT, U.; MILLER, S.; MOHTADI, H. Dry spells and global crop production: A multi-stressor and multi-timescale analysis. **Ecological Economics**, [S.l.], v. 203, p. 107627, 2023.

KRUSKAL, W. H.; WALLIS, W. A. Use of ranks in on-criterion variance analyses. **Journal of the American Statistical Association**, [S.l.], v. 47, n. 260, p. 583-621, 1952.

KUROTHE, R. S.; KUMAR, G.; SINGH, R.; SINGH, H. B.; TIWARY, S. P.; VISHWAKARMA, A. K.; SENA, D.R.; PANDE, V. C. Effect of tillage and cropping systems on runoff, soil loss and crop yields under semiarid rainfed agriculture in India. **Soil and Tillage Research**, [S.l.], v. 140, p. 126-134, 2014.

LAMPTEY, S.; LI, L.; XIE, J.; COUTER, J. A. Tillage system affects soil water and photosynthesis of plastic-mulched maize on the semiarid Loess Plateau of China. **Soil & Tillage Research**, [S.l.], v. 196, 2020.

LEMOS, J. J. S.; BEZERRA, F. N. R. Interferência da instabilidade pluviométrica na previsão da produção de grãos no semiárido do Ceará, Brasil. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 9, p. 15632-15652, 2019.

LEMOS, J. J. S.; SANTIAGO, D. F. Instabilidade da agricultura familiar no Semiárido. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, v. 29, n. 1, p. 94, 2020.

LEMOS, J. S. S.; FERREIRA, U. C. Q.; BOTELHO, D. C. Irregularidade pluviométrica impactando a agricultura familiar no semiárido do Nordeste: estudo de caso para o Ceará. In: Congresso Internacional de Diversidade do Semiárido, 1., 2016, Campina Grande. **Anais [...]**. Campina Grande: Realize Editora, 2016.

LESSA, L. C. R. **Instabilidade pluviométrica versus produção agrícola em áreas sujeitas a desertificação no semiárido cearense: os casos de Arneiroz e Miraíma**. 2019. 49 f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

LI, C.; GU, X.; BAI, W.; SLATER, L. J.; LI, J.; KONG, D.; LIU, J.; LI, Y. Asymmetric response of short-and long-duration dry spells to warming during the warm-rain season over Eastern monsoon China. **Journal of Hydrology**, [S.l.], v. 603, p. 127114, 2021a.

LI, H.; GAO, Y.; HOU, E. Spatial and temporal variation of precipitation during 1960–2015 in Northwestern China. **Natural Hazards**, [S.l.], v. 109, p. 2173-2196, 2021.

LI, R.; CHAI, S.; CHAI, Y.; LI, Y.; LAN, X.; MA, L.; CHENG, H.; CHANG, L. Mulching optimizes water consumption characteristics and improves crop water productivity on the semi-arid Loess Plateau of China. **Agricultural Water Management**, [S.l.], v. 254, p. 106965, 2021b.

LI, Y.; CHAI, S.; CHAI, Y.; LI, R.; LAN, X.; MA, J.; CHENG, H.; CHANG, L. Effects of mulching on soil temperature and yield of winter wheat in the semiarid rainfed area. **Field Crops Research**, [S.l.], v. 271, p. 108244, 2021c.

LIAO, Y.; CAO, H.; LIU, X.; LI, H.; HU, Q.; XUE, W. By increasing infiltration and reducing evaporation, mulching can improve the soil water environment and apple yield of orchards in semiarid areas. **Agricultural Water Management**, [S.l.], v. 253, p. 106936, 2021.

LIBARDI, P. L. Água no solo. In: LIER, Q. J. (org.). **Física do Solo**. Viçosa – MG: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2010. Cap. III. p. 103-152.

LIER, Q. J. Disponibilidade de água às plantas. In: LIER, Q. J. (org.). **Física do Solo**. Viçosa – MG: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2010. Cap. 8. p. 283-298.

LIMA, C. S. Manejo de doenças. In: VALE, J. C.; BERTINI, C.; BORÉM, A. (org.) **Feijão-Caupi do plantio à colheita**, Viçosa, MG: Ed. UFV, 2017. Cap. 7, p. 144-170.

LIMA, M. A. S.; LIRA, M. A. T. A Variabilidade Climática e os Desastres Naturais no Estado do Ceará (1991-2019). **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v. 36, p. 603-614, 2021.

LIMA, T. P. M.; CORRÊA, R. S. Efeitos do uso de lodo de estações de tratamento de esgoto sobre a disponibilidade de água em um substrato minerado no Cerrado. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 26, p. 301-308, 2021.

LIU, J. G.; CHAE, H. G.; CHO, S. R.; SONG, H.; KIM, P. J.; JEONG, S. T. Long-term organic fertilizer substitution increases rice yield by improving soil properties and regulating soil bacteria. **Geoderma**, [S.l.], v. 404, p. 115287, 2021.

LOPES, J. R. F.; DANTAS, M. P.; FERREIRA, F. E. P. Variabilidade da precipitação pluvial e produtividade do milho no semiárido brasileiro através da análise multivariada. **Nativa**, Mato Grosso, v. 7, n. 1, p. 77-83, 2019.

MAGALHÃES, A. J. S.; ALVES, J. M. B.; SILVA, E. M.; NUNES, F. T.; BARBOSA, A. C. B.; SANTOS, A. C. S.; SOMBRA, S. S. Veranicos no Brasil: Observações e Modelagens (CMIP5). **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v. 34, n. 4, p. 597-626, 2019.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; ALVALA, R. C. S.; CUNHA, A. P.; BRITO, S.; MORAES, O. L. L. Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 90, n. 2, p. 1973-1985, 2018.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; BESERRA, E. A.; LACERDA, F. F. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. In: MEDEIROS, S. S.; GHEYI, H. R.;

GALVÃO, C. O.; PAZ, V. P. S (org.). **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. Cap. 13, p. 383-422.

MARTINS, G. S. **Relação entre o grau de conservação da cobertura vegetal e os veranicos agrícolas na bacia do alto Jaguaribe – Ceará**. 2017. 112 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

MARTINS, M. M.; MARTINS, S. C.; BORGES, W. L. Correção da acidez, adubação e fixação biológica. In: VALE, J. C.; BERTINI, C.; BORÉM, A. (org.) **Feijão-Caupi do plantio à colheita**, Viçosa, MG: Ed. UFV, 2017. Cap. 3, p. 52-69.

MARUMBWA, F. M.; CHO, M. A.; CHIRWA, P. W. Analysis of spatio-temporal rainfall trends across southern African biomes between 1981 and 2016. **Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C**, [S.l.], v. 114, p. 102808, 2019.

MATALLO JÚNIOR, H. **De l'article/du chapitre Indicateurs de desertificação: histórico e perspectivas**. [S.l.]: UNESCO, 2001.

MATEUS, A. E.; SILVA, D. F.; COSTA, I. M.; LOPES, J. R. F. Perspectivas em variáveis meteorológicas para o Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 8, n. 05, p. 1383-1392, 2015.

MBANYELE, V.; MTAMBANENGWE, F.; NEZOMBA, H.; GROOT, J. C. J.; MAPFUMO, P. Combinations of in-field moisture conservation and soil fertility management reduce effect of intra-seasonal dry spells on maize under semi-arid conditions. **Field Crops Research**, [S.l.], v. 270, p. 108218, 2021.

MEDEIROS, J. F.; CESTARO, L. A.; QUEIROZ, L. S. Caracterização climática da serra de Martins-RN. **Revista de Geociências do Nordeste**, Caicó, v.7, p. 92-100, 2021.

MELMAN, D. A.; KELLY, C.; SCHRIEKKLOTH, J.; CALDERÓN, F.; FONTE, S. J. Tillage and residue management drive rapid changes in soil macrofauna communities and soil properties in a semiarid cropping system of Eastern Colorado. **Applied soil ecology**, [S.l.], v. 143, p. 98-106, 2019.

MENDES, R. M. S.; TÁVORA, F. J. A. F.; PITOMBEIRA, J. B.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Relações fonte-dreno em feijão-de-corda submetido à deficiência hídrica. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 38, n. 1, p. 95-103, 2007.

MENEZES JÚNIOR, J. A. N.; ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; DO VALE, J. C.; BERTINI, C. H. C. M. Colheita. In: VALE, J. C.; BERTINI, C.; BORÉM, A. (org.) **Feijão-Caupi do plantio à colheita**, Viçosa, MG: Ed. UFV, 2017. Cap. 3, p. 52-69.

MENEZES, H. E. A.; BRITO, J. I. B.; LIMA, R. A. F. A. Veranico e a produção agrícola no Estado da Paraíba, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 2, p. 181-186, 2010.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos**. Brasília: MAPA, 2017.

MOGES, D. M.; BHAT, H. G. Climate change and its implications for rainfed agriculture in Ethiopia. **Journal of Water and Climate Change**, [S.l.], v. 12, n. 4, p. 1229-1244, 2021.

MONTENEGRO, A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Olhares sobre as políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido. In: GHEYI, H. R.; PAZ, V. P. S.; MEDEIROS, S. S.; GALVÃO, C. O. (org). **Recursos hídricos em regiões semiáridas**. Campina Grande–PB: Instituto Nacional do Semiárido, Cruz das Almas, BA, 2012. Cap. 1, p.2-24.

MOREIRA, L. G. **Ocorrências de veranicos e seus efeitos sobre o cultivo do consórcio feijão caupi–capim (*Panicum maximum*) sob dosagens de esterco bovino**. 2018. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

MORO, M. F.; MACEDO, M. B.; MOURA-FÉ, M. M.; CASTRO, A. S. F.; COSTA, R. C. Vegetation, phytoecological regions and landscape diversity in Ceará state, northeastern Brazil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 66, p. 717-743, 2015.

MOURA, M. S. B.; SOBRINHO, J. E.; SILVA, T. G. F.; SOUZA, W. M. Aspectos meteorológicos do Semiárido brasileiro. In: XIMENES, L. F.; SILVA, M. S. L.; BRITO, L. T. L. (org.). **Tecnologias de convivência com o semiárido brasileiro**. Fortaleza – CE: Banco do Nordeste do Brasil, 2019, Cap. 2, p.85-104.

MOURA, M. S. B.; SOUZA, L. S. B.; SILVA, T. G. F.; BRANDÃO, E. O.; SOARES, J. M. Efeito da lâmina de irrigação na produtividade do feijão-caupi no semi-árido brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 38., 2009, Juazeiro e Petrolina. **Anais [...]**. Juazeiro, Petrolina: SBEA, 2009.

MOUSSA-MACHRAOUI, S. B.; ERROUSSI, F.; BEN-HAMMOUDA, M.; NOUIRA, S. Comparative effects of conventional and no-tillage management on some soil properties under Mediterranean semi-arid conditions in northwestern Tunisia. **Soil & Tillage Research**, [S.l.], v. 106, n. 2, p. 247-253, 2010.

MUNIZ, L. F.; PEREIRA, J. M. R.; XIMENES JÚNIOR, C. L.; STUDAR, T. M. C. Classificação climática para o estado do Ceará utilizando distintos sistemas de caracterização. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 12., 2017, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: SBRHidro, 2017, p. 1-8.

NASCIMENTO, J. T.; PEDROSA, M. B.; SOBRINHO, J. T. Efeito da variação de níveis de água disponível no solo sobre o crescimento e produção de feijão caupi, vagens e grãos verdes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, p. 174-177, 2004.

NASCIMENTO, S. P.; BASTOS, E. A.; ARAÚJO, E. C. E.; FREIRE FILHO, F. R.; SILVA, E. M. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, p. 853-860, 2011.

NEVES, A. C.; CÂMARA, J. A. S.; CARDOSO, M. J.; SILVA, P. H. S.; SOBRINHO, C. A. Cultivo do Feijão-Caupi em Sistema Agrícola Familiar. **Circular Técnica**. EMBRAPA: Teresina, 2011.

NOGUEIRA, D. B.; SILVA, A. O.; GIROLDO, A. B.; SILVA, A. P. N.; COSTA, B. R. S. Dry spells in a semi-arid region of Brazil and their influence on maize productivity. **Journal of Arid Environments**, [S.l.], v. 209, p. 104892, 2023.

NOVAIS, R. F.; MELLO, J. W. V. Relação Solo-Planta. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J C. L. (org.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. Cap. IV, p. 133-204.

NUNES, E. D. S.; SOUSA, J. S. C.; BRITO, M. E B.; SILVA, W. C.; RODRIGUES, E. G.; CORDEIRO JUNIOR, J. J. F. Production efficiency of ‘BRS Pujante’ cowpea using single and dual Kc for irrigation. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 25, p. 648-654, 2021.

NUNES, K. G. **Recursos hídricos subterrâneos e estratégias de produção agropecuária no semiárido brasileiro**. 2021.133 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

OLIVEIRA, A. B.; MESQUITA, R. M.; GUIMARÃES, M. A.; LEMOS NETO, H. S.; SILVA, T. M. Exigências edafoclimáticas e ecofisiologia. In: VALE, J. C.; BERTINI, C.; BOREM, A. (org.) **Feijão-Caupi do plantio à colheita**, Viçosa, MG: Ed. UFV, 2017. Cap. 3, p. 52-69.

OLIVEIRA, A. C.; ARAUJO, A. F. B.; LACERDA, C. F.; CANJÁ, J. F.; PINHO, L. L.; SOUSA, N. I. G. INFLUÊNCIA DA IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR COM ÁGUAS RESIDUÁRIAS SOBRE AS TROCAS GASOSAS FOLIARES DO ALGODOEIRO. **Irriga**, São Paulo, v. 25, n. 4, p. 677-682, 2020.

OLIVEIRA, B. C. C.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. F.; PEREIRA, C. R.; SOBRAL, B. S.; GOIS, G.; LYRA, G. B.; MACHADO, E. A.; CORREIA FILHO, W. L. F.; SOUZA, A. Spatiotemporal variation of dry spells in the State of Rio de Janeiro: Geospatialization and multivariate analysis. **Atmospheric Research**, [S.l.], v. 257, p. 105612, 2021.

OLIVEIRA, B. S. S.; CUNHA, A. C. Correlação entre qualidade da água e variabilidade da precipitação no sul do Estado do Amapá. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 9, p. 261-275, 2014.

OLIVEIRA, L. C.; ANDRADE, E. M.; CHAVES, L. C. G.; FERNANDES, F. B. P. Frequência e distribuição espacial de veranicos no estado do Ceará. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Naturais do Semiárido, 2., 2015, Quixadá. **Anais [...]**. Quixadá: MASSA, 2015.

PATON, E. Intermittency analysis of dry spell magnitude and timing using different spell definitions. **Journal of Hidrology**, [S.l.], v. 608, 2022.

PEREIRA, F. F. S.; MATSURA, E. E.; MOUSINHO, F. E. P.; BIZARI, D. R. Retenção de água em níveis de cobertura morta no feijoeiro irrigado em sistema plantio direto. **Irriga**, São Paulo, v. 20, n. 3, p. 557-569, 2015.

PEREIRA, G. R. Correlação entre as Secas e as Perdas na Agricultura de Sequeiro no Semiárido Nordeste. In: Congresso Nacional da Diversidade do Semiárido, 1., 2018, Campina Grande. **Anais [...]**. Campina Grande: Realize Editora, 2018.

PERTUSSATI, C. A. **Veranicos no estado do Mato Grosso: análise da variabilidade de espaço-temporal e modelagem estatística**. 2013. 101 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

PESSI, D. D.; SANTOS, C. S. A.; NONATO, J. J.; DOURADO, L. G. A.; SILVA, O. P.; BASSINI, R. T.; JOSÉ, J. V. Validação das estimativas de precipitação do satélite TRMM no Estado de Mato Grosso, Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 42, n. 1, p. 79-88, 2019.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. São Paulo: Esalq, 1985.

PINHEIRO, M. S. M. **Efeitos da instabilidade pluviométrica sobre a produção de lavouras de sequeiro no semiárido do Estado do Ceará: Casos de Limoeiro do Norte e Morada Nova**. 2019. 52f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso – Agronomia). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará – UFC, 2019.

PINKAYAN, S. **Conditional probabilities of occurrence of Rainy and Dry Years Over a Large Continental Area**. Colorado: Hydrology papers, 1966.

PIRES, M. C.; CASTRO, M. B.; LIEBER, Z. V.; MENEZES, T. P.; AOKI, R. Y. S. **Estatística não paramétrica básica no software R: uma abordagem por resolução de problemas**. Minas Gerais: UFMG, 2018.

RATAN, R.; VENUGOPAL, V. Wet and dry spell characteristics of global tropical rainfall. **Water Resources Research**, [S.l.], v. 49, n. 6, p. 3830-3841, 2013.

REN, A.; ZHOU, R.; MO, F.; LIU, S.; LI, J.; CHEN, Y.; ZHAO, L.; XIONG, Y. Soil water balance dynamics under plastic mulching in dryland rainfed agroecosystem across the Loess Plateau. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [S.l.], v. 312, p. 107354, 2021.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and Improvement of saline and alkali soils**. Washington: Salinity Laboratory Staff, 1954.

ROCHA, T. B. C.; VASCONCELOS JUNIOR, F. C.; SILVEIRA, C. S.; MARTINS, E. S. P. R.; GONÇALVES, S. T. N.; SILVA, E. M.; ALVES, J. M. B.; SAKAMOTO, M. S. Indicadores de Veranicos e de Distribuição de Chuva no Ceará e os Impactos na Agricultura de Sequeiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v.36, p. 579-589, 2021.

ROCHA, T. B. C.; VASCONCELOS JÚNIOR, F. C.; SILVEIRA, C. S.; MARTINS, E. S. P. R.; SILVA, R. F. V. Veranicos no Ceará e Aplicações para Agricultura de Sequeiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v. 35, p. 435-447, 2020.

ROCKSTROM, J.; HATIBU, N.; OWEIS, T. Y.; WANI, S.; BARRON, J.; BRUGGEMAN, A.; FARAHANI, J.; KARLBERG, L.; QIANG, Z. Managing water in rainfed agriculture. In.: MOLDEN, D. (org.). **Water for food, water for life a comprehensive assessment of water management in agriculture**. Colombo: International Water Management Institute, 2007, cap. 8, p. 315.

RODRIGUES, B. D.; COUTINHO, M. D. L.; SAKAMOTO, M. S.; JACINTO, L. V. UMA ANÁLISE SOBRE AS CHUVAS NO CEARÁ BASEADA NOS EVENTOS DE EL NIÑO, LA NIÑA E NO DIPOLO DO SERVAIN DURANTE A ESTAÇÃO CHUVOSA. **Revista Brasileira de Climatologia**, Paraná, v. 28, 2021.

RODRIGUES, I. B. **Análise dos veranicos e sustentabilidade à produção de milho e feijão nos Inhamuns – CE**. 2016. 150 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

RODRIGUES, J. S.; SILVA, M. G. G.; SOUSA, J. S. C.; SIMÕES, W. L.; LORENZO, V. P. Tensiometria e balanço hídrico climatológico no manejo de irrigação do feijão-caupi “BRS Pujante”. **Revista Semiárido De Visu**, Pernambuco, v. 7, n. 3, p. 294-305, 2019.

SAKAMOTO, M. S.; FERREIRA, A. G.; COSTA, A. C.; OLIVAS, E. S. Rainy season pattern and impacts on agriculture and water resources in Northeastern Brazil. In: ANDREU, J.; SOLERA, A.; PAREDES-ARQUIOLA, J.; HARO-MONTEAGUDOM, D.; LANEN, H. (org.). **Drought: Research and Science-Policy Interfacing**. CRC Press/Balkema, 2015. p. 49-55.

SANTOS, A. P. S.; PEREZ-MARIN, A. M.; FORERO, L. F. U.; MOREIRA, J. M.; MEDEIROS, A. M. L.; LIMA, R. C. S. A.; BEZERRA, H. A.; BEZERRA, B. G.; SILVA, L. L. **O Semiárido brasileiro: riquezas, diversidades e saberes**. Campina Grande, PB: INSA, 2013a.

SANTOS, C. A. F. Cultivares de feijão-caupi para o Vale do São Francisco. **Circular Técnica**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/901506>>. Acesso em 05 jun. 2021.

SANTOS, F. A.; MENDES, L. M. S.; CRUZ, M. L. B. Análise estatística dos anos secos e chuvosos da Sub-bacia Hidrográfica do rio Piracuruca, divisa entre os estados do Ceará e do Piauí, Brasil. **Revista GEOgrafias**, Belo Horizonte, v. 28, n. 1, p. 43-61, 2020.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. N. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: EMBRAPA, 2013b.

SCHMIDT, E. S.; VILLAMIL, M. B.; AMIOTTI, N. M. Soil quality under conservation practices on farm operations of the southern semiarid pampas region of Argentina. **Soil & Tillage Research**, [S.l.], v. 176, p. 85-94, 2018.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**. [S.l.], v. 52, n. 3 – 4, p. 591-611, 1965.

SILVA, A. G. R.; SENA, M. G. T.; CHAVES, L. C. G.; PEREIRA, F. J. S.; ANDRADE, E. M. REGIÕES SIMILARES EM OCORRÊNCIA E SEVERIDADE DAS SECAS NO ESTADO DO CEARÁ. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Naturais do Semiárido, 2., 2015, Quixadá. **Anais [...]**. Quixadá: MASSA, 2015.

SILVA, D. F.; SOUSA, A. B.; MAIA, L. M.; RUFINO, L. L. Efeitos da associação de eventos de ENOS e ODP sobre o Estado do Ceará. **Revista de Geografia**, Recife, v. 29, n. 2, p. 114-135, 2012.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (org.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. Cap. VI, p. 275-374.

SILVA, L. D. R.; CARTAXO, P. H. A.; SILVA, M. C.; GONZAGA, K. S.; ARAÚJO, D. B.; SOUSA, E. S.; SANTOS, J. P. O. Efeito da variabilidade pluviométrica na produção de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. no Semiárido da Paraíba. **Scientific Electronic Archives**, [S.l.], v. 13, p. 26-32, 2020.

SILVA, P. H. S.; ATHAYDE SOBRINHO, C. **Guia prático de reconhecimento e controle das principais pragas do feijão-caupi**. Teresina: EMBRAPA MEIO NORTE, 2019.

SILVA, V. P. R.; PEREIRA, E. R. R.; AZEVEDO, P. V.; SOUSA, F. A. S.; SOUSA, I. F. Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 2, p. 131-138, 2011.

SILVA, W. C.; MOURA, J. C.; VIANA, I. E. T.; NOGUEIRA, A. S. P.; SILVA, T. M.; OLIVEIRA, A. B. Produtividade de feijão-caupi submetido a diferentes lâminas de irrigação com uso de biofertilizante. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 12, n. 6, p. 3028-3039, 2019.

SITHOLE, N. J.; MAGWAZA, L. S. Long-term changes of soil chemical characteristics and maize yield in no-till conservation agriculture in a semi-arid environment of South Africa. **Soil & Tillage Research**, [S.l.], v. 194, p. 104-317, 2019.

SOARES, D. B.; NÓBREGA, R. S. Análise espacial e climatológica da ocorrência de veranicos no Sertão de Pernambuco. **Revista de Geografia**, Recife, v. 27, n. 1, p. 94-106, 2010.

SOBRAL, L. F.; BARETTO, M. C. V.; SILVA, A. J.; ANJOS, J. L. **Guia prático para interpretação de resultados de análises de solos**. Embrapa Tabuleiros Costeiros: Aracajú – Sergipe, 2015.

SOUSA, F. A.; ASSUNÇÃO, H. F. Capacidade de Armazenamento de Água no Solo (CAD) e Características Físicas dos Solos na Avaliação da Distribuição da Água das Chuvas na Alta Bacia do Ribeirão Santo Antônio. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 14, n. 06, p. 3635-3647, 2021.

SOUSA, J. T. M.; MOREIRA, L. G.; VIANA, T. V. A.; SOUSA, G. G.; FREITAS, A. G. S. CONSÓRCIO ENTRE FEIJÃO-CAUPI E CAPIM PANICUM MAXIMUM SOB SIMULAÇÕES DE VERÂNICOS ADUBADAS COM ESTERCO BOVINO. In: Simpósio

Brasileiro de Recursos Naturais do Semiárido, 4., 2019, Crato. **Anais [...]**. Crato: MASSA, 2019.

SOUZA, C. L. O.; NOGUEIRA, V. F. B.; NOGUEIRA, V. S. Variabilidade interanual da precipitação em cidades do semiárido brasileiro entre os anos de 1984 e 2015. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 12, n. 4, p. 740-747, 2017.

SOUZA, J. O. P.; ALMEIDA, J. D. M.; CORREA, A. C. B. Caracterização e espacialização da precipitação em bacia hidrográfica com relevo complexo: Sertão Central Pernambucano–Bacia do Riacho do Saco. **Revista de geografia**, Recife, v. 32, n. 2, p. 2105, 2015.

SOUZA, R.; JHA, A.; CALABRESE, S. Quantifying the hydrological impact of soil mulching across rainfall regimes and mulching layer thickness. **Journal of Hydrology**, [S.l.], v. 607, p. 127523, 2022.

SOUZA, T. M. A.; SOUZA, T. A.; SOLTO, L. S.; SÁ, F. V S.; PAIVA, E. P.; BRITO, M. E. B.; MESQUITA, E. F. Crescimento e trocas gasosas do feijão caupi cv. BRS pujante sob níveis de água disponível no solo e cobertura morta. **Irriga**, São Paulo, v. 21, n. 4, p. 796-805, 2016.

STEVENSON, W. J. **Estatística aplicada à administração**. São Paulo: Harper & Row do Brasil, 1981.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE. **Delimitação do Semiárido**. 2017.

TAGLIAFERRE, C.; GUIMARÃES, D. U. G.; GONÇALVES, L. J.; AMORIM, C. H. F.; MATSUMOTO, S. N.; D'ARÊDE, L. O. Produtividade e tolerância do feijão caupi ao estresse salino. **Irriga**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 168-179, 2018.

TERASSI, P. M. B.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. F.; GÓIS, G.; Standardized Precipitation Index Variability in the Northern Region of Paraná State Associated with the El Niño-Southern Oscillation. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v. 33, p. 11-25, 2018.

TORRES, L. C.; KELLER, T.; LIMA, R. P.; TORMENA, C. A.; LIMA, H. V.; GIAROLA, N. F. B. Impacts of soil type and crop species on permanent wilting of plants. **Geoderma**, [S.l.], v. 384, p. 114798, 2021.

TORRES, W. L. V.; VIANA, T. V. A.; SOUSA, G. G.; PEREIRA FILHO, J. V.; GOMES, K. R.; AZEVEDO, B. M. Lâminas de irrigação e coberturas vegetais mortas no consórcio entre feijão-caupi e milho. **Research, Society and Development**, [S.l.], v. 9, n. 8, 2020.

TOUNKARA, A.; CLEMONT-DAUPHIN, C.; AFFHOLDER, F.; NDIAYE, S.; MASSE, D.; COURNAC, L. Inorganic fertilizer use efficiency of millet crop increased with organic fertilizer application in rainfed agriculture on smallholdings in central Senegal. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [S.l.], v. 294, p. 106878, 2020.

TUURE, J.; RASANEN, M.; HAUTALA, M.; PELLIKKA, P.; MAKELA, P. S. A.; ALAKUKKU, L. Plant residue mulch increases measured and modelled soil moisture content in the effective root zone of maize in semi-arid Kenya. **Soil and Tillage Research**, [S.l.], v.

209, p. 104945, 2021.

VALE, J. C.; BERTINI, C. H. C. M.; TEÓFILO, E. M.; PINHEIRO, M. S.; MELO, L. F. Botânica e fenologia. In: VALE, J. C.; BERTINI, C.; BORÉM, A. (org.) **Feijão-Caupi do plantio à colheita**, Viçosa, MG: Ed. UFV, 2017. Cap. 3, p. 52-69.

VASCONCELOS, T. S.; MORAES, J. G. L.; ALVES, J. M. B.; JACINTO JÚNIOR, S. G.; OLIVEIRA, L. L. B.; SILVA, E. M.; SOUSA, G. G. Variabilidade Pluviométrica no Ceará e suas Relações com o Cultivo de Milho, Feijão-Caupi e Mandioca (1987-2016). **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v. 34, n. 3, p. 431-438, 2019.

VIDALETTI, V. F.; MARINS, A. C.; SECCO, D.; RIZZI, R. L.; CHANG, P. Impacto da cobertura do solo, declividade e precipitação na infiltração de água no solo. **Research, Society and Development**, [S.l.], v. 10, n. 17, 2021.

VIEIRA, F. F.; DALLACORT, R.; BARBIERI, J. D.; DALCHIAVON, F. C.; DANIEL, D. F. Temperatura e umidade do solo em função do uso de cobertura morta no cultivo de milho. **Científica**, São Paulo, v. 48, n. 3, p. 188-199, 2020.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. **Tópicos em ciência do solo**, [S.l.], v. 1, p. 1-54, 2000.

VILLELA, H. A. S. M.; MATOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: Editora McGraw-Hil, 1975.

WANG, H.; ZHANG, X.; ZHANG, G.; YU, X.; HUIZHI, H.; FANG, Y.; MA, Y.; LEI, K. Mulching coordinated the seasonal soil hydrothermal relationships and promoted maize productivity in a semi-arid rainfed area on the Loess Plateau. **Agricultural Water Management**, [S.l.], v. 263, p. 107448, 2022.

WANG, J.; GAO, X.; ZHOU, Y.; WU, P.; ZHAO, X. Impact of conservation practices on soil hydrothermal properties and crop water use efficiency in a dry agricultural region of the tibetan plateau. **Soil and Tillage Research**, [S.l.], v. 200, 2020.

WANG, X.; REN, Y.; ZHANG, S.; CHEN, Y.; WANG, N. Applications of organic manure increased maize (*Zea mays* L.) yield and water productivity in a semi-arid region. **Agricultural Water Management**, [S.l.], v. 187, p. 88-98, 2017.

WILLIAMS, A.; KAY, P.; STIRLING, G.; WENG, X.; BELL, L. Impacts of reducing fallow periods on indicators of soil function in subtropical dryland farming systems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [S.l.], v. 324, p. 107727, 2022.

XAVIER, A. F. S.; XAVIER, T. M. B. S.; MALVEIRA, E. C. H. A ZONA DE CONVERGÊNCIA INTERTROPICAL – ZCIT E SUA RELAÇÃO COM A CHUVA NAS PRINCIPAIS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO CEARÁ. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 13., Belo Horizonte. **Anais [...]**. Belo Horizonte: SBRHidro, 1999.

XAVIER, T. M. B. S. **Tempo de Chuva: estudos climáticos e de previsão para o Ceará e Nordeste Setentrional**. Fortaleza: Editora ABC, 2001.

XAVIER, T. M. B. S.; XAVIER, A. F. S.; DIAS, M. A. F. S.; DIAS, P. L. S. Interrelações entre eventos ENOS (ENSO), a ZCIT (ITCZ) no Atlântico e a chuva nas bacias hidrográficas do Ceará. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [S.l.], v. 8, n. 2, p. 111-126, 2003.

YUE, X.; ZHANG, T.; LI, Y. Effects of rainfall regime during the growing season on the annual plant communities in semiarid sandy land, northeast China. **Global Ecology and Conservation**, [S.l.], v. 43, p. 02456, 2023.

ZHANG, X. C.; GUO, J.; MA, Y. F.; X. F.; HOU, H. Z.; WANG, H. L.; FANG, Y. J.; TANG, Y. F. Effects of vertical rotary subsoiling with plastic mulching on soil water availability and potato yield on a semiarid Loess plateau, China. **Soil and Tillage Research**, [S.l.], v. 199, p. 104591, 2020.