



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA,
INOVAÇÃO E TECNOLOGIA PARA A AMAZÔNIA –
CITA



**RELAÇÃO ENTRE A VARIABILIDADE
PLUVIOMÉTRICA E A PRODUTIVIDADE DE
MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz) NA CIDADE DE
CRUZEIRO DO SUL, ACRE, BRASIL**

JEFFERSON RODRIGUES DOS SANTOS SILVA

RIO BRANCO, AC
SETEMBRO/2021

JEFFERSON RODRIGUES DOS SANTOS SILVA

**RELAÇÃO ENTRE A VARIABILIDADE
PLUVIOMÉTRICA E A PRODUTIVIDADE DE
MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz) NA CIDADE DE
CRUZEIRO DO SUL, ACRE, BRASIL**

Projeto de Dissertação apresentado ao Programa de Pós-graduação em Ciência, Inovação e Tecnologia para a Amazônia, da Universidade Federal do Acre, como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências e Inovação Tecnológica**.

Orientador: Prof. Dr. José Genivaldo do Vale Moreira

Co-orientador: Prof. Dr. Rodrigo Otávio Peréa Serrano

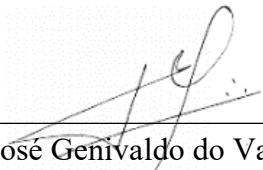
RIO BRANCO, AC
SETEMBRO/2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA, INOVAÇÃO E
TECNOLOGIA PARA A AMAZÔNIA – CITA

RELAÇÃO ENTRE A VARIABILIDADE PLUVIOMÉTRICA E A
PRODUÇÃO DE MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz) NA
CIDADE DE CRUZEIRO DO SUL, ACRE, BRASIL

JEFFERSON RODRIGUES DOS SANTOS SILVA

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 22/09/2021



Prof. Dr. José Genivaldo do Vale Moreira
Presidente – Universidade Federal do Acre



Prof. Dr. Hugo Mota Ferreira Leite
Membro – Universidade Federal do Acre



Prof. Dr. Fábio Augusto Gomes
Membro – Universidade Federal do Acre

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UFAC

S586r Silva, Jefferson Rodrigues dos Santos, 1993- .
Relação entre a variabilidade pluviométrica e a produtividade de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) na cidade de Cruzeiro do Sul, Acre, Brasil / Jefferson Rodrigues dos Santos. – 2021.
121f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Acre, Programa de Pós-Graduação em Ciência, Inovação e Tecnologia da Amazônia, Mestrado em Ciências e Inovação Tecnológica. Rio Branco, Acre, 2021.

Orientação: Prof. Dr. José Genivaldo do Vale Moreira.
Coorientação: Prof. Dr. Rodrigo Otávio Peréa Serrano.
Inclui referências e anexos.

1. Planejamento agrícola. 2. Precipitação pluviométrica. 3. Produção da mandioca - Amazônia. 4. Variabilidade. I. Moreira, José Genivaldo do Vale, (orientador). II. Serrano, Rodrigo Otávio Peréa (coorientador). III. Universidade Federal do Acre. CITA. IV. Título.

CDD: 509

Dedico esse trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, autor do meu destino. A educação e aprendizado da vida durante esse processo. À minha excelentíssima Mãe Celene Santos, que me apoiou de forma insistente nos mais amplos sentidos. Dedico também ao meu grandioso pai Emilson Rodrigues, por ser esse exemplo de homem em minha vida, e por acreditar e me apoiar em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

A vida é a maior oportunidade de sua existência para conseguir alcançar todos os seus sonhos. Não existe legitimidade maior que lutar por tudo que você anseia, o importante é acreditar, porque quando achamos que o possível está perto tudo acaba por se realizar e acontecer com tranquilidade. Incertezas no decorrer da trajetória da vida é o que dá esperança real de ocorrência, e é através de fatores tais como dedicação, vontade, equilíbrio, fé e, claro com o subsídio de pessoas apropriadas em cada ponto desse processo.

O presente trabalho é a manifestação de que os sonhos nunca estiveram condicionados ao campo do impossível, o que exige gratidão eterna, primeiramente a Deus, cuja presença é límpida em todos os momentos de minha vida. Serei grandemente grato ao meu pai, Emilson Rodrigues maior incentivador e apoiador em todo meu trajeto até aqui, que me estabeleceu, com sabedoria, a direção do que é justo. Também a minha mãe Celene Santos que igualmente corroborou nesse processo. Gratidão eterna à minha maior apoiadora, minha futura esposa Brenda Ribeiro (meu porto seguro) que me ajudou a chegar nesse momento magnífico de minha vida, pois ela se doou a compartilhar esse e vários outros sonhos comigo. Igualmente agradeço aos meus irmãos Emerson Rodrigues e Kauan Rodrigues e demais familiares.

Meus sinceros agradecimentos ao meu professor e orientador José Genivaldo do Vale Moreira, pela dedicação, compreensão, grande amizade construída nesse processo e incomensurável paciência durante a realização deste trabalho. Através de seus conhecimentos e colaboração foi permitido chegar ao exceto, pois sem sua cooperação, o presente trabalho seria certamente adicionado a várias dificuldades ou, quem sabe, nem tivesse logrado sucesso. É inspiradora sua capacidade de raciocínio tornando desejável a qualquer um se tornar um pesquisador ao seu nível. Da mesma forma, agradeço grandemente a enorme contribuição dada pelo co-orientador, Rodrigo Otávio Peréa Serrano, que com cordialidade e presteza esteve sempre disposto a ajudar na execução deste trabalho.

Aos professores Clarice Maia Carvalho, José Genivaldo do Vale Moreira, Lisandro Juno Soares Vieira, Leila Priscila Peters, Regina Lúcia Felix Ferreira e Josimar Batista Ferreira pelo auxílio na realização das disciplinas ministradas.

Aos membros da banca examinadora para qualificação no qual seus comentários e sugestões serão levados em consideração para melhorar a apresentação final deste trabalho.

A Universidade Federal do Acre pela oportunidade dada para cursar o mestrado, com o apoio da CAPES e do CNPq, a qual também merecem meus sinceros agradecimentos.

Ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) pela disponibilização de alguns dados utilizados nesta pesquisa.

Aos meus amigos do Programa de Pós-Graduação em Ciência, Inovação e Tecnologia para a Amazônia (CITA) pelo companheirismo e a jornada juntos, Gleison Rafael Queiroz Mendonça, Natália Silva Andrade, Antônia Fabiana Barros de Lima, Adevania da Silva Souza Amin e Dhome Rebouças de Araújo.

Por fim, agradeço a todos os parentes e amigos que acompanharam de alguma forma e torceram por meu sucesso nesta etapa tão importante.

“O que precisamos é de mais pessoas especializadas no impossível.”
(Theodore Roethke)

RESUMO

A precipitação pluviométrica é uma das variáveis de maior influência no ciclo hidrológico, interferindo diretamente em diversos setores da sociedade, especialmente na agricultura. Os impactos são mais acentuados em regiões que sofrem com a irregularidade da distribuição das chuvas, tanto em escala temporal quanto espacial, visto que a agricultura é uma atividade que demanda água para a manutenção das lavouras. Neste sentido, o foco principal do presente trabalho é estudar a relação entre a variabilidade pluviométrica e a produção de mandioca na cidade de Cruzeiro do Sul, Acre. O estudo permitiu concluir que a região em estudo apresenta um período seco, que compreende o mês de maio a setembro, além de um período notadamente chuvoso, de outubro a abril, com valor médio mensal de precipitação em torno de 178,1 mm. Além disso foi verificado que a precipitação mensal registrada para Cruzeiro do Sul apresentou grande variabilidade, com intervalo de 32,38% a 71,65% no coeficiente de variação, tendo o maior valor atribuído ao período seco e o menor valor associado ao período chuvoso. A variabilidade pluviométrica em Cruzeiro do Sul é verificada, também, nos valores prováveis de precipitação. Foi possível concluir, ainda, que a região estudada apresenta incremento anual de 0,58 t.ha⁻¹ em sua produtividade, de acordo com a curva de regressão linear estimada para os registros temporais. As técnicas descritivas permitiram verificar, que não necessariamente no ano que ocorreu a maior produtividade foi o ano que ocorreu o maior índice de precipitação pluviométrica. Os resultados permitiram concluir, ainda, que na cidade de Cruzeiro do Sul para o incremento de 1 mm de precipitação pluviométrica estima-se crescimento de 0,0043 t.ha⁻¹ à produtividade de mandioca.

Palavras-chave: Planejamento agrícola. Precipitação pluviométrica. Variabilidade. Produção de mandioca.

ABSTRACT

Rainfall is one of the variables with the greatest influence on the hydrological cycle, directly interfering in various sectors of society, especially in agriculture. The impacts are more pronounced in regions that suffer from the irregularity of rainfall distribution, both on a temporal and spatial scale, since agriculture is an activity that demands water for the maintenance of crops. In this sense, the focus of this work is to study the relationship between rainfall variability and cassava production in the city of Cruzeiro do Sul, Acre. The research allowed us to conclude that the region under study presents a dry period, comprising the months of May to September, and a remarkably rainy period, which goes from October to April, with an average monthly precipitation value of around 178.1 mm. In addition, it was verified that the monthly precipitation recorded for Cruzeiro do Sul showed great variability, with an interval from 32.38 % to 71.65 % in the coefficient of

variation, with the highest values attributed to the dry period and the lowest values associated with the rainy season. Rainfall variability in Cruzeiro do Sul is also verified in the probable precipitation values. It was also possible to conclude that the studied region presents an annual increase of 0.58 t.ha^{-1} in its productivity of cassava, according to the linear regression curve estimated for the time records. The descriptive techniques allowed to verify that not necessarily in the year that occurred the highest productivity was the year that occurred the highest rainfall index. The results also allowed to conclude that in the city of Cruzeiro do Sul for the increase of 1 mm of rainfall, there is an estimated growth of 0.0043 t.ha^{-1} of cassava yields.

Keywords: Agricultural planning; Rainfall; Variability; Cassava production.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Localização da Mesorregião Vale do Juruá e variação climática ao longo do estado do Acre (Fonte: IBGE, 2018). 23
- Figura 2:** Comportamento temporal das variáveis área colhida e produção de mandioca na mesorregião Vale do Juruá 24
- Figura 3:** Comparativo entre médias da produtividade de mandioca ($t\cdot ha^{-1}$) do estado, Mesorregião Vale do Juruá e suas duas regionais, e de Cruzeiro do Sul com média nacional entre os anos de 1993 a 2018. 25
- Figura 4:** Equações de regressão linear simples estimadas para os valores de produtividade de mandioca registrados na cidade de Cruzeiro do Sul e região adjacente, bem como do Brasil, em função do tempo 29
- Figura 5:** Localização da cidade de Cruzeiro do Sul e variação climática ao longo do estado do Acre (Fonte: SILVA et al., 2020). 40
- Figura 6:** Precipitação pluviométrica com média mensal entre janeiro e dezembro. E média anual para os anos 1970 a 2019. 43
- Figura 7:** Localização da cidade de Cruzeiro do Sul e variação climática ao longo do estado do Acre (Fonte: IBGE 2018). 54
- Figura 8:** Localização da Mesorregião Vale do Juruá onde está inserido a cidade de Cruzeiro do sul, e variação climática ao longo do estado do Acre. (Fonte: SILVA et al., 2020). 72
- Figura 9:** Variabilidade Pluviométrica e a produtividade ($t\cdot ha^{-1}$) da cultura da mandioca no município de Cruzeiro do Sul-Acre, no período 1993 a 2018. 73
- Figura 10:** Correlação entre a produtividade e a precipitação pluviométrica da mandioca em Cruzeiro do Sul-Acre, no período 1993 a 2018. 76

LISTA DE QUADROS E TABELAS

- Tabela 1:** Resultados do teste não paramétrico de Wilcoxon-Mann-Whitney para comparar a produtividade de mandioca em Cruzeiro do Sul com a mesorregião e regional em que está inserida, bem como com o estado do Acre e com o Brasil, no período de 1993 a 2018. 27
- Tabela 2:** Resumo descritivo das observações de precipitação pluviométrica total mensal e anual registradas em Cruzeiro do Sul, Acre, no período de 1970 a 2019..... 41
- Tabela 3:** Resumo descritivo das observações de precipitação pluviométrica total mensal e anual registradas em Cruzeiro do Sul, Acre, no período de 1970 a 2019; parâmetros estimados α (forma) e β (escala) da distribuição Gama e estatística de teste e p-valor referentes ao teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov referentes aos dados em análise. 56
- Tabela 4:** Precipitação pluviométrica provável mensal e anual para a cidade de Cruzeiro do Sul, Acre, em diferentes níveis de probabilidade, estimados segundo a distribuição de probabilidades Gama. 60

LISTA DE ABREVIATURAS

AB	Alta da Bolívia
ENSO	El Niño – Oscilação Sul
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
PIB	Produto Interno Bruto
SIDRA	Sistema de Recuperação Automática
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	15
CAPÍTULO I – PRODUTIVIDADE DE MANDIOCA NA MESORREGIÃO VALE DO JURUÁ, ACRE, BRASIL.....	19
CAPÍTULO II – CARACTERIZAÇÃO TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NA CIDADE DE CRUZEIRO DO SUL, ACRE, BRASIL	35
CAPÍTULO III – PROBABILIDADE DE PRECIPITAÇÃO PARA A CIDADE DE CRUZEIRO DO SUL, ACRE, BRASIL	49
CAPÍTULO IV – VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO E RELAÇÃO COM A PRODUTIVIDADE DE MANDIOCA (<i>Manihot Esculenta</i>) NA CIDADE DE CRUZEIRO DO SUL, ACRE	67
CONCLUSÕES GERAIS E RECOMENDAÇÕES.....	81
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
ANEXO I – Artigo publicado na Revista Enciclopédia Biosfera	85
ANEXO II – Artigo publicado na (UÁQUIRI) Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Acre	97
ANEXO III – Artigo publicado na Revista Ambiente & Água.....	109

INTRODUÇÃO GERAL

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma planta classificada biologicamente como arbusto perene e economicamente como semi-perene, pertencente à classe das dicotiledôneas e à família das Euforbiáceas, e tem como origem na América do Sul (FIALHO;VIEIRA, 2013). Trata-se de uma raiz rica em carboidrato e também de fácil produção tanto por sua rusticidade quanto por sua adaptação às mais diferentes condições de clima e solos. Após a chegada dos portugueses e espanhóis, a cultura disseminou-se em vários continentes tornando-se um dos principais componentes da subsistência de populações de baixa renda (OTSUBO;LORENZI, 2004).

O Brasil figura dentre os maiores produtores mundiais de mandioca, com produção superior a 20 milhões de toneladas/ano e produtividade média estimada em 14,5 t.ha⁻¹. O cultivo de mandioca é disseminado pelos estados brasileiros, dentre os quais, o Acre, cuja produtividade média é estimada em 873,835 t.ha⁻¹ (4,6% da produção nacional) (IBGE, 2017). Já o município de Cruzeiro do Sul constitui-se em uma regional de destaque na mandiocultura, apresentando em média 2.850 hectares plantados e um rendimento médio anual de 26 toneladas por hectare (IBGE, 2017).

Estudo realizado por Velthem e Katz (2012), aponta como parte de suas conclusões, que a cultura da mandioca atua como o principal produto agrícola do Acre, tendo a regional Vale do Juruá como a principal produtora de farinha de mandioca do estado. Os autores expõem, adicionalmente, que a cultura da mandioca é primordialmente cultivada para produção de farinha e que na regional mencionada a cultura já é bem consolidada.

Já está evidente que a produtividade agrícola é fortemente influenciada pela variação na dinâmica dos processos hidrológicos, em especial a cultura da mandioca, que têm seus períodos de desenvolvimento em função de diversas variáveis do clima, com destaque ao regime de precipitação pluviométrica. Neste sentido, Santos et al. (2017), pactua de pensamento semelhante, expondo que as atividades agrícolas apresentam maior vulnerabilidade aos efeitos causados pelas variâncias da dinâmica pluviométrica.

Deste modo é importante enfatizar que é necessário adequar a época de plantio no cultivo da mandioca, para que não ocorra deficiência de água nos cinco primeiros meses de cultivo, o que acarreta em prejuízos a produção. Como essa cultura tem baixa exigência hídrica após o período crítico (primeiros cinco meses), o déficit hídrico é o que favorece o acúmulo do amido nas raízes (PASSOS et al., 2018).

A deficiência hídrica, quando ocorre, pode acarretar redução de até 62% em sua produção de raízes se esse estresse acontecer entre o período de 30 e 150 dias, após o plantio (FUKUDA;IGLESIAS, 1995). Porém, a cultura da mandioca quando comparada a outras culturas anuais é considerada mais tolerante à seca (EL-SHARKAWY;TAFUR, 2010). Essa tolerância à deficiência hídrica na mandioca está ligada a mecanismos fisiológicos como a redução foliar, controle estomático e aprofundamento das raízes (EL-SHARKAWY, 2004, 2007). Quanto à restrição do crescimento das folhas, que ocorre em razão da senescência das folhas na planta, essa redução da área foliar pode permanecer na planta durante a deficiência hídrica (CONNOR;COCK, 1981).

O controle estomático é uma das principais estratégias adotadas pela planta sob condições de déficit hídrico. Quando há baixa disponibilidade de água, a planta realiza o fechamento dos estômatos e reduz a sua condutância, mantendo o potencial hídrico da folha por maior período e semelhante às situações sem déficit (EL-SHARKAWY, 2006), assim retarda a desidratação e murchamento das folhas (TAIZ;ZEIGER, 2004).

Os elementos climáticos e suas variações, cujos componentes comportam ciclos temporais longos ou curtos, serviram de motivação para a ocorrência de grandes migrações humanas. Assim, já é consenso que os estudos concentrados na relação entre as variáveis climáticas (com destaque aos processos hidrológicos) e as atividades humanas são importantes para busca de medidas capazes de atenuar seus impactos, especialmente na produção de alimentos. Dessa forma, o desenvolvimento e o crescimento das culturas agrícolas mediante os fenômenos da variabilidade temporal e espacial da distribuição das chuvas podem determinar a aptidão e o manejo apropriado para o solo em função da agricultura (GOMES, 2017).

Bardales et al. (2017) apresentaram como parte de suas conclusões que as condições de precipitação pluviométrica na cidade de Cruzeiro do Sul, Acre, em um período de 50 anos variaram de 1.883 mm a 2.261 mm, avaliando como ótimo ao longo do território municipal. Tais conclusões são importantes para a construção de ferramentas de planejamento agrícola na região.

Apesar dos evidentes avanços no sentido de registrar e analisar o comportamento das variáveis climáticas, a variabilidade encontrada nos indicadores como temperatura, umidade relativa do ar, precipitação pluviométrica e evapotranspiração ainda causam condições adversas, as quais merecem esforços no tocante a mitigar seus impactos, destacando-se áreas sensíveis como a produção agrícola (OLIVEIRA;PADOVANI, 2017).

Nesse cenário, é importante o posicionamento de Oliveira (2009), cujo estudo elucidada que o período de semeadura de culturas anuais é condicionado a ocorrência de chuvas e das condições de temperatura, de forma que estas podem ser inteiramente distintas entre as diferentes regiões. Um elemento climático de grande importância é a temperatura, podendo prever os eventos fenológicos das culturas, de modo que quanto melhor o entendimento de seu comportamento mais produtiva tornara a informação para a área agrícola. Desta forma, é evidente a necessidade de se ter informações climáticas capazes de auxiliar os produtores em suas decisões operacionais.

Por isso muitos pontos justificam o entendimento da dinâmica presente na variabilidade climática e sua importância no setor econômico voltado a agricultura, que é uma das atividades mais vulneráveis a essas mudanças climáticas. A chuva é uma variável importante para a produção agrícola, com destaque à cultura da mandioca para a região em estudo, já que impactam significativamente em seus indicadores.

Deste modo, o objetivo central do presente estudo é analisar a relação entre a variabilidade pluviométrica e a produção de mandioca, registradas em Cruzeiro do Sul, localizado na regional Vale do Juruá, estado do Acre, sustentando-se na hipótese de impacto significativo da condição hidrológica em causa e a referida produção.

Destarte, incluídos ao presente capítulo introdutório, este trabalho apresenta outros quatro capítulos. A dissertação está organizada da seguinte forma:

No capítulo 1, é dedicado a apresentar a produtividade da cultura da mandioca na mesorregião Vale do Juruá, avaliando a produção com destaque à cidade de Cruzeiro do Sul, e comparando sua produtividade com o estado do Acre e o Brasil.

Já no capítulo 2, dedica-se a discutir sobre a caracterização temporal da precipitação pluviométrica na cidade de Cruzeiro do Sul, Acre, realizando um diagnóstico do comportamento dos registros pluviométricos mensal e anual na cidade, ocorridos entre os anos de 1970 a 2019, a partir de dados disponíveis pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

O capítulo 3, é apresentado o ajuste do modelo probabilístico da distribuição Gama aos totais mensais e anuais de precipitação pluviométrica registrados na cidade de Cruzeiro do Sul, Acre, para o período compreendido entre 1970 a 2019, além de estimar os valores esperados em diferentes níveis de probabilidade.

Por fim, o capítulo 4 versará sobre os instrumentos de auxílio à decisão para a relação entre a variabilidade pluviométrica e a produção de mandioca na cidade de Cruzeiro do Sul, Acre, descrevendo métodos de aplicação para análise de quantidade de

chuva disponível, e assim auxiliar na tomada de decisão no tocante à época de plantio para os produtores da região.

As conclusões e recomendações gerais no tocante aos resultados obtidos serão apresentadas após o Capítulo IV. Finalmente, são inventariadas as referências bibliográficas gerais utilizadas no trabalho e os anexos pertinentes.

CAPÍTULO I – PRODUTIVIDADE DE MANDIOCA NA MESORREGIÃO VALE DO JURUÁ, ACRE, BRASIL

O Capítulo I foi publicado em forma de artigo completo na Revista Enciclopédia Biosfera, cujo Qualis para o quadriênio 2013-2016 é B3, na área Interdisciplinar, conforme ANEXO I – Artigo publicado na Revista Enciclopédia Biosfera.

PRODUTIVIDADE DE MANDIOCA NA MESORREGIÃO VALE DO JURUÁ, ACRE, BRASIL

RESUMO

A mandioca está entre as culturas agrícolas de destaque tanto por sua rusticidade quanto pela adaptação às mais diferentes condições de clima e solos, sendo uma das culturas mais plantadas e consumidas. A cultura atua como principal produto agrícola do Acre, sendo a Regional Juruá a principal produtora de farinha de mandioca do estado. Diante do exposto, o presente estudo avalia a produção de mandioca na mesorregião Vale do Juruá, com destaque à cidade de Cruzeiro do Sul, e compara sua produtividade com o estado do Acre e o Brasil. Os resultados evidenciam que a região estudada registra expressiva produtividade da cultura, com média superior à registrada no Brasil. As regionais, analisadas por meio do teste de Wilcoxon-Mann-Whitney, registraram produtividade semelhante. Na região, fica em destaque os municípios de Cruzeiro do Sul e cidades vizinhas como Rodrigues Alves e Mâncio Lima, inseridas na regional Juruá. A cidade de Cruzeiro do Sul apresenta incremento anual de 0,58 t.ha⁻¹ em sua produtividade, de acordo com a curva de regressão linear estimada para os registros temporais entre os anos de 1993 e 2018.

Palavras-chave: Agricultura. Produção regional. Sistema produtivo.

CASSAVA PRODUCTIVITY IN VALE DO JURUÁ MESOREGION, ACRE, BRASIL

ABSTRACT

Cassava is one of the most important agricultural crops, due to its rusticity and adaptation to different climatic and soil conditions, being one of the most cultivated and consumed crops. This crop is the main agricultural product of Acre, and Juruá regional is the main producer of cassava flour in the state. Based on above considerations, this study evaluated the production of cassava in Vale do Juruá mesoregion, emphasizing on the city of Cruzeiro do Sul, and comparing its productiveness with the state of Acre and Brazil. The results showed that the region presented an expressively increasing of the culture, with a higher average than registered in Brazil. The regionals, analyzed using Wilcoxon-Mann-Whitney test, showed similar results. In the region, it stands out in the municipalities of Cruzeiro do Sul and neighboring cities, such as Rodrigues Alves and Mâncio Lima, inserted in the Juruá region. The city of Cruzeiro do Sul presents an annual growth of 0.58 t.ha⁻¹ in its productivity, according to an estimated linear regression curve for temporary records, between the years 1993 and 2018.

Keywords: Agriculture. Productivity system, Regional production.

INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) está entre as culturas agrícolas de destaque tanto por sua rusticidade quanto pela adaptação às mais diferentes condições de clima e solos. Tais características conferem grande importância social e econômica a essa cultura, cujas raízes constituem a exploração principal como fonte de carboidratos para a alimentação de populações de baixa renda em diversas nações, sobretudo os países da África, Ásia e América Latina (ALVES et al., 2008).

Os tubérculos são destinados tanto para alimentação humana quanto animal, e mais de 85% de sua produção é consumida em forma de farinha, enquanto a outra parte é dividida em raízes frescas (mandioca de mesa, macaxeira) e outros derivados. Apesar do produto principal ser a farinha, também se produz tapiocas, beijus, fécula, além de derivados para a alimentação animal, como feno e ensilagem a partir de seus talos, folhas e resíduos do beneficiamento das raízes. Também é utilizada para realizar adubação do solo e no controle de pragas (ALVES et al., 2009).

No Brasil, a produção de mandioca supera o valor de 20 milhões de toneladas/ano, tendo uma produtividade média de aproximadamente $14,641 \text{ t.ha}^{-1}$, colocando o país em destaque no ranking dos maiores produtores dessa cultura, atrás apenas da Nigéria, Tailândia e Indonésia (IBGE, 2017). Sua produção está presente em todos os estados brasileiros, em diferentes níveis tecnológicos, sendo o estado do Acre responsável por uma produtividade média de $19,7 \text{ t.ha}^{-1}$, 873.835 toneladas/ano, equivalente a 5,34 % da produção nacional (IBGE, 2017). Já o município de Cruzeiro do Sul está inserido em uma microrregião de destaque na mandiocultura, apresentando em média 2.850 ha/ano plantados e um rendimento médio anual de 26 toneladas (IBGE, 2017).

Neste sentido, o estudo conduzido por Moreto et al., (2018) aponta que a produção nacional registrada em 2016 foi de 23,7 milhões de toneladas e acrescenta que fatores de influência sobre a produção da cultura em debate seriam as condições climáticas brasileiras. Os autores destacam, ainda, que a produção da cultura no país é liderada pelo Estado do Pará, e posteriormente Paraná e Bahia. O Estado do Acre ocupa a 4ª posição no ranking brasileiro.

Já o estudo realizado por Velthem e Katz (2012) aponta, como parte de suas conclusões, que a cultura da mandioca atua como o principal produto agrícola do Acre, sendo a região do Vale do Juruá a mais importante produtora de farinha de mandioca do estado. O trabalho destaca, ainda, que nessa mesorregião, a mandioca é primordialmente cultivada para a produção de farinha, onde já é bastante consolidada. A regional Juruá, que abrange os municípios de Cruzeiro do Sul, Mâncio Lima, Rodrigues Alves, Marechal Thaumaturgo e Porto Walter é referência na produção de derivados da mandioca, especialmente a farinha, dado o reconhecimento, qualidade e aceitação dos produtos tanto no mercado local quanto em outras regiões (ACRE, 2017; ÁLVARES et al., 2011).

Dada a identidade do produto, a recomendação outorgada por diversos estudos, além da aceitação no mercado consumidor, a farinha produzida na região, amplamente divulgada como farinha de Cruzeiro do Sul, foi contemplada com o selo de Indicação Geográfica (SOUZA et al., 2017). Com isso, o Acre se tornou a primeira unidade da federação com a concessão do registro de indicação geográfica para as cultivares Branquinha, Mansa-e-Brava, Caboquinha, Curimêm, Cumaru, Chico Anjo e Mulatinha, contemplando a região oeste do estado (NÓBREGA, 2017).

Nesse contexto, o objetivo do presente estudo foi avaliar a produtividade de mandioca na mesorregião Vale do Juruá, com destaque à cidade de Cruzeiro do Sul, comparando com a produção do Estado do Acre e do Brasil, a partir de base de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE.

MATERIAL E MÉTODOS

Para investigar a relação da produtividade agrícola da cultura da mandioca, o presente estudo foi realizado na mesorregião Vale do Juruá, estado do Acre, da qual fazem parte: a Regional Juruá com os municípios de Cruzeiro do Sul, Rodrigues Alves, Mâncio Lima, Porto Walter e Marechal Thaumaturgo; e a Regional Tarauacá-Envira, que compreende os municípios de Feijó, Jordão e Tarauacá (ACRE, 2017).

O clima predominante na região em estudo é classificado, segundo Koppen, como equatorial quente e úmido (Af), com temperatura média anual em torno de 24,5°C (MOREIRA et al., 2019). A mesorregião Vale do Juruá está localizada na parte oeste do estado do Acre e da Amazônia brasileira e tem Cruzeiro do Sul como principal cidade. De acordo com IBGE (2018), na região em estudo predomina um padrão de chuvas definido em dois períodos bem destacados: um período subseco, com precipitações

mensais médias superiores a 60 mm, compreendido entre os meses de maio e setembro, ao norte da mesorregião, com destaque aos meses de julho e agosto, de precipitação pluviométrica inferior a 60 mm na parte sul, caracterizando um período seco, que apresenta os menores valores médios de precipitação pluviométrica; além de um período notadamente chuvoso, destacado de outubro a abril, em toda a mesorregião (Figura 1). A precipitação média anual da região é de 2.000 mm e a temperatura média anual é de 24,5 °C (MOREIRA et al., 2016; MOREIRA et al., 2019; SILVA et al., 2019).

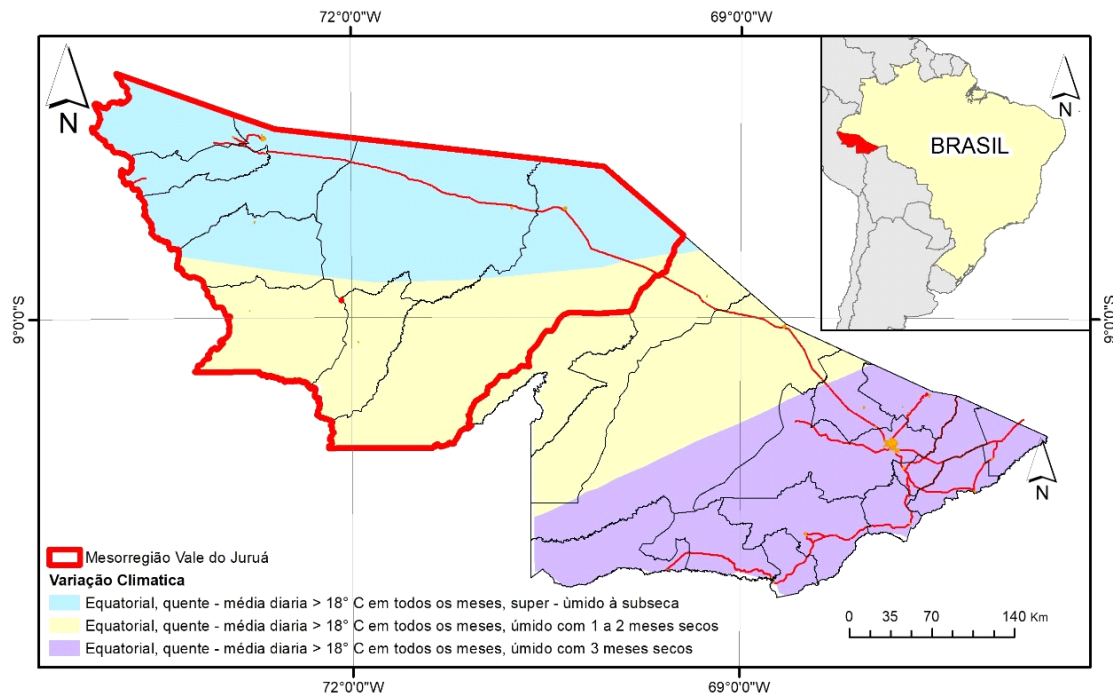


Figura 1: Localização da Mesorregião Vale do Juruá e variação climática ao longo do estado do Acre (Fonte: IBGE, 2018).

Foram analisadas informações consolidadas extraídas do banco de dados do IBGE, através do Sistema de Recuperação Automática (SIDRA), gravados no período compreendido entre os anos de 1993 a 2018. Os dados foram submetidos a uma análise prévia por meio das técnicas da estatística descritiva e, em seguida, submetidos ao teste não-paramétrico de Wilcoxon-Mann-Whitney para comparar os grupos, dois a dois. A escolha do referido teste se deu em razão da quebra do pressuposto de normalidade, verificada por meio do teste de Shapiro-Wilk e Anderson-Darling (CALLEGARI-JACQUES, 2003; ZIMMERMANN, 2014; RAMOS et al., 2019).

Além disso, os dados foram submetidos à análise de regressão linear simples, cujo ajuste estimado do modelo e a verificação das premissas de linearidade, independência,

normalidade e homocedasticidade em relação aos resíduos (erros), foram verificados de acordo com Perlin (2018).

Os cálculos envolvidos nos testes mencionados foram realizados por meio de bibliotecas do Software livre R e, em todos os casos considerou-se o nível de significância de 5% (PERLIN, 2018; RAMOS et al., 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise preliminar dos dados amostrados evidenciou que a Regional Juruá apresentou valores superiores quanto às variáveis área colhida e produção anual de mandioca durante todo o período em estudo, na comparação com a regional Tarauacá-Envira.

Na série histórica avaliada, que compreende os anos de 1993 a 2018, permitiu observar que no ano de 2011 ocorreu um pico nos valores de área colhida para a regional Juruá. Já em relação à produção, verificou-se que além do ano de 2011, houve evidente incremento também nos anos de 2014 e 2016, atingindo valores superiores a 450 mil toneladas por ano.

A (Figura 2) apresenta os valores de área plantada e produção para a mesorregião Vale do Juruá, além do comportamento das variáveis em Cruzeiro do Sul, cidade que se destaca em relação à cultura em estudo. Os resultados corroboram o destaque dado à regional Juruá quanto à produção de mandioca conforme ressaltado por Freitas et al., (2011) e Brito et al., (2019).

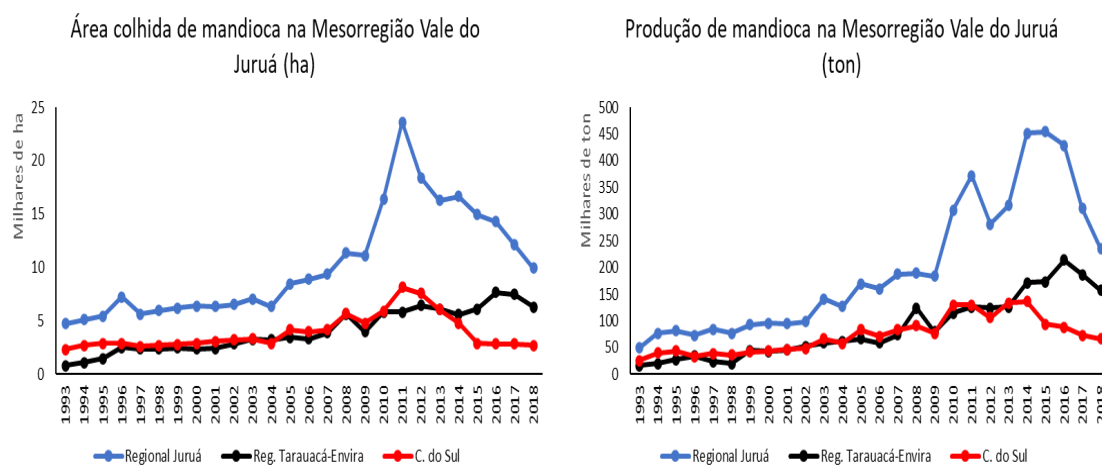


Figura 2: Comportamento temporal das variáveis área colhida e produção de mandioca na mesorregião Vale do Juruá

Em relação à produtividade, expressa em toneladas por hectare ($t\cdot ha^{-1}$), os valores médios atribuídos para a cidade de Cruzeiro do Sul, para a regional e mesorregião a que pertence, bem como ao estado do Acre se assemelham. Entretanto, são superiores em relação à produtividade média nacional conforme evidenciado na (Figura 3), cuja média brasileira da produtividade de mandioca é representada pela linha pontilhada, com valor de aproximadamente $13,7 t\cdot ha^{-1}$.

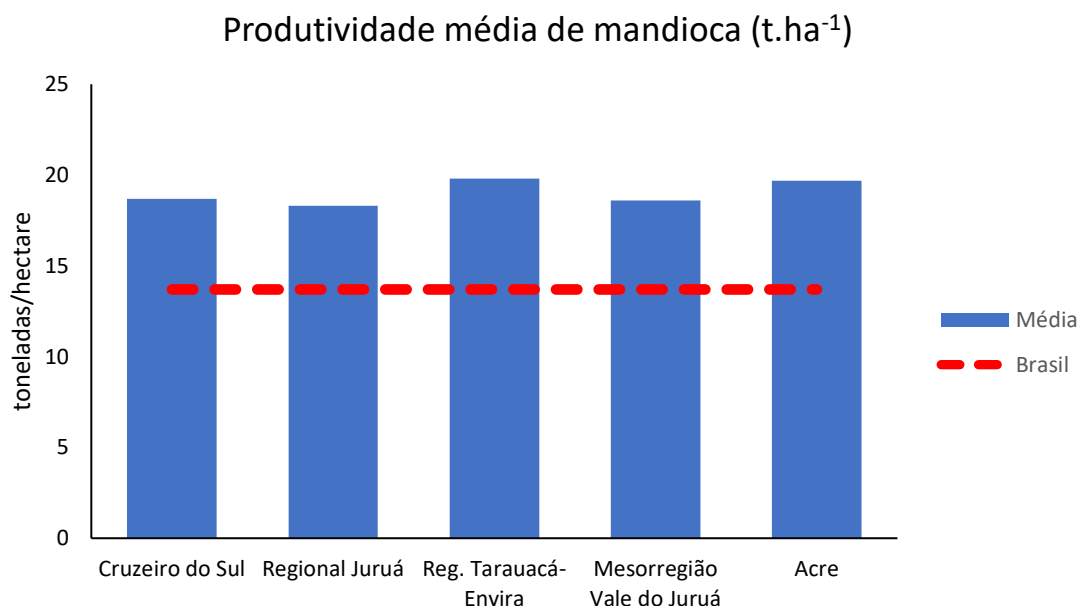


Figura 3: Comparativo entre médias da produtividade de mandioca ($t\cdot ha^{-1}$) do estado, Mesorregião Vale do Juruá e suas duas regionais, e de Cruzeiro do Sul com média nacional entre os anos de 1993 a 2018.

Os resultados indicam que a região em estudo possui potencial para a produção de mandioca, já que a região dispõe de uma grande demanda dessa cultura. O que lhe impõe destaque até mesmo em âmbito nacional. A superioridade nos valores médios de produtividade em relação aos do Brasil pode estar relacionada ao fator climático e ao regime pluviométrico registrado na região, visto que a cultura em destaque está fortemente relacionada à distribuição espacial e temporal de chuvas. Neste sentido, as evidências de estudos já realizados apontam que as condições climáticas e meteorológicas da região são favoráveis (BRITO et al., 2019).

Uma forte relação que pode explicar ainda essa superioridade nos valores ilustrados pela (Figura 3) partem também da história construída dessa cultura na mesorregião em questão, pois a farinha de mandioca está inserida como uma atividade de

rotina dos habitantes de Cruzeiro do Sul. Verifica-se, na região, um conhecimento tradicional secular de técnicas e elementos de origem indígena tanto da Amazônia como do Nordeste. Assim a mandioca e seus derivados está presente de forma intensa na agricultura regional, alimentação, comércio, bem como na produção de peças artesanais destinadas ao beneficiamento da raiz (SOUZA et al., 2017).

No Brasil a cultura da mandioca tem apresentado uma baixa produtividade, sendo de 14,641 t.ha⁻¹ (IBGE, 2017). Isso se deve a diversos fatores, tais como a não adoção de um sistema de produção adequado; o uso de tecnologias disponíveis no mercado, principalmente corretivos, fertilizantes e cultivares adaptadas em algumas regiões. Outra consequência é a época de plantio e colheita, que muitas vezes são escolhidas inadequadamente, além do uso de estreita base genética que se utiliza em uma região, geralmente não inovadas (FERREIRA et al., 2013).

Gonçalves et al. (2009) observando o sistema produtivo da mandioca empregado no Acre, observou pouco aporte de recursos tecnológicos na cultura, como correção e adubação do solo, substituição de cultivares, mudanças no espaçamento, modernização nas casas de farinha e concluiu que, estabelecendo-se alterações nessas tecnologias, poder-se-ia triplicar a oferta da mandioca para o estado em curto espaço de tempo.

Além disso, o estudo conduzido por SA et al., (2017), expõe que no estado do Acre a adoção de boas práticas agrícolas é uma ação real desenvolvida pelos agricultores. Os autores ainda destacam dois pontos fundamentais: o cultivo sem uso de fogo e a adoção de tecnologias disponíveis como (plantio direto, consócio das plantas cultivadas, cultivo de plantas de cobertura e rotação) que estão em avaliação no sistema produtivo da cultura no Juruá.

Por sua vez, Ros e Hirata (2019), estudando a propriedades físicas do solo e produtividade da mandioca sob diferentes manejos de cobertura e solo, verificaram que a produtividade comercial da cultura não diferiu entre os tratamentos utilizados no trabalho, podendo atingir média de até 30 t.ha⁻¹.

A utilização de outras práticas culturais pode estar entre os fatores que contribuem para diferença expressiva de produtividade de mandioca de uma região para outra. Os fatores climáticos são determinantes para o desenvolvimento da cultura. Um estudo realizado por Rosenthal et al., (2012), verificou que na utilização sob elevada concentração de CO₂ (585 ppm), a fotossíntese total diária do dossel e a taxa fotossintética média em luz saturante foram, em média, 35 e 29,6% maior que na concentração de CO₂ ambiente (385 ppm), o que indica semelhança ao estímulo que ocorre em outras plantas

C3 pela fertilização carbônica (VACCARI et al., 2001; KIMBALL et al., 2002; AINSWORTH e LONG, 2005; AINSWORTH e ROGERS, 2007; ROSENTHAL et al., 2011). Os mesmos autores ressaltam ainda que um aumento na fotossíntese e na biomassa provoca em aumento quanto a eficiência fazendo com que a radiação solar interceptada seja convertida em biomassa.

Neste sentido, na (Tabela 1) são apresentados os resultados de uma análise inferencial por meio do teste não-paramétrico de Wilcoxon-Mann-Whitney, com vistas a avaliar a diferença na produtividade de mandioca na cidade de Cruzeiro do Sul, comparada com a mesorregião a que está inserida e outras.

Tabela 1: Resultados do teste não paramétrico de Wilcoxon-Mann-Whitney para comparar a produtividade de mandioca em Cruzeiro do Sul com a mesorregião e regional em que está inserida, bem como com o estado do Acre e com o Brasil, no período de 1993 a 2018.

	Brasil	Acre	Mesorregião Vale do Juruá	Regional Juruá	Regional Tarauacá-Envira	Cruzeiro do Sul
Brasil	-					
Acre	1,06x10 ⁻⁶ **	-				
Mesorregião Vale do Juruá	8,99x10 ⁻⁶ **	0,245 NS	-			
Regional Juruá	5,01x10 ⁻⁶ **	0,155 NS	0,627 ^{NS}	-		
Regional Tarauacá-Envira	1,01x10 ⁻⁶ **	0,701 NS	0,133 ^{NS}	0,135 ^{NS}	-	
Cruzeiro do Sul	6,75x10 ⁻⁶ **	0,271 NS	0,812 ^{NS}	0,912 ^{NS}	0,263 ^{NS}	

** = diferença significativa ao nível de significância de 5% (p < 0,05)

NS = Não significativo ao nível de significância de 5% (p > 0,05)

Os resultados expressos na (Tabela 1) permitiram observar que existe diferença de produtividade brasileira de mandioca e que esta é significativamente inferior à

produtividade do estado do Acre, da regional Juruá, mesorregião Vale do Juruá, regional Tarauacá-Envira e Cruzeiro do Sul ($p < 0,05$). Por sua vez, não se verificou diferença significativa para a comparação na produtividade de mandioca registrada para Cruzeiro do Sul, mesorregião Vale do Juruá, regional Vale do Juruá e Tarauacá-Envira e do estado do Acre.

Neste viés, Freitas et al., (2011) relatam que em 2009, dos quase 20.000 hectares plantados na Regional Juruá, em torno da metade era de mandioca. Os autores destacam o município de Cruzeiro do Sul (com 5.200 hectares) e Rodrigues Alves (4.200 hectares). Já o estudo conduzido por Modesto Junior et al., (2016), dedicado a avaliar a produção de mandioca no Estado do Acre, destacou variação entre as variáveis área plantada, colhida, produção, rendimento e valor de produção, dando ênfase para a quantidade produzida, pois de 395 mil toneladas, em 1995, foi possível atingir 939 mil toneladas no ano de 2013. O resultado demonstra que sua produtividade é muito boa, aproximando-se dos valores registrados no Paraná, com aproximadamente 20 mil toneladas.

No tocante ao comportamento temporal dos valores de produtividade de mandioca nas regiões avaliadas, a (Figura 4) apresenta as equações estimadas para os referidos dados no período considerando para o presente estudo (1993 a 2018). Em todos os casos, verificou-se incremento ao longo do tempo, entretanto, menor para os dados do Brasil. Enquanto o incremento anual referente à produtividade registrada no Brasil foi de 0,098 t.ha⁻¹, o valor variou de 0,470 a 0,580 t.ha⁻¹ ao ano nas demais localidades avaliadas.

Os resultados são congruentes com as conclusões apresentadas por Brito et al., (2019), demonstrando o potencial da região para a produtividade de mandioca, especialmente em comparação com a produtividade nacional.

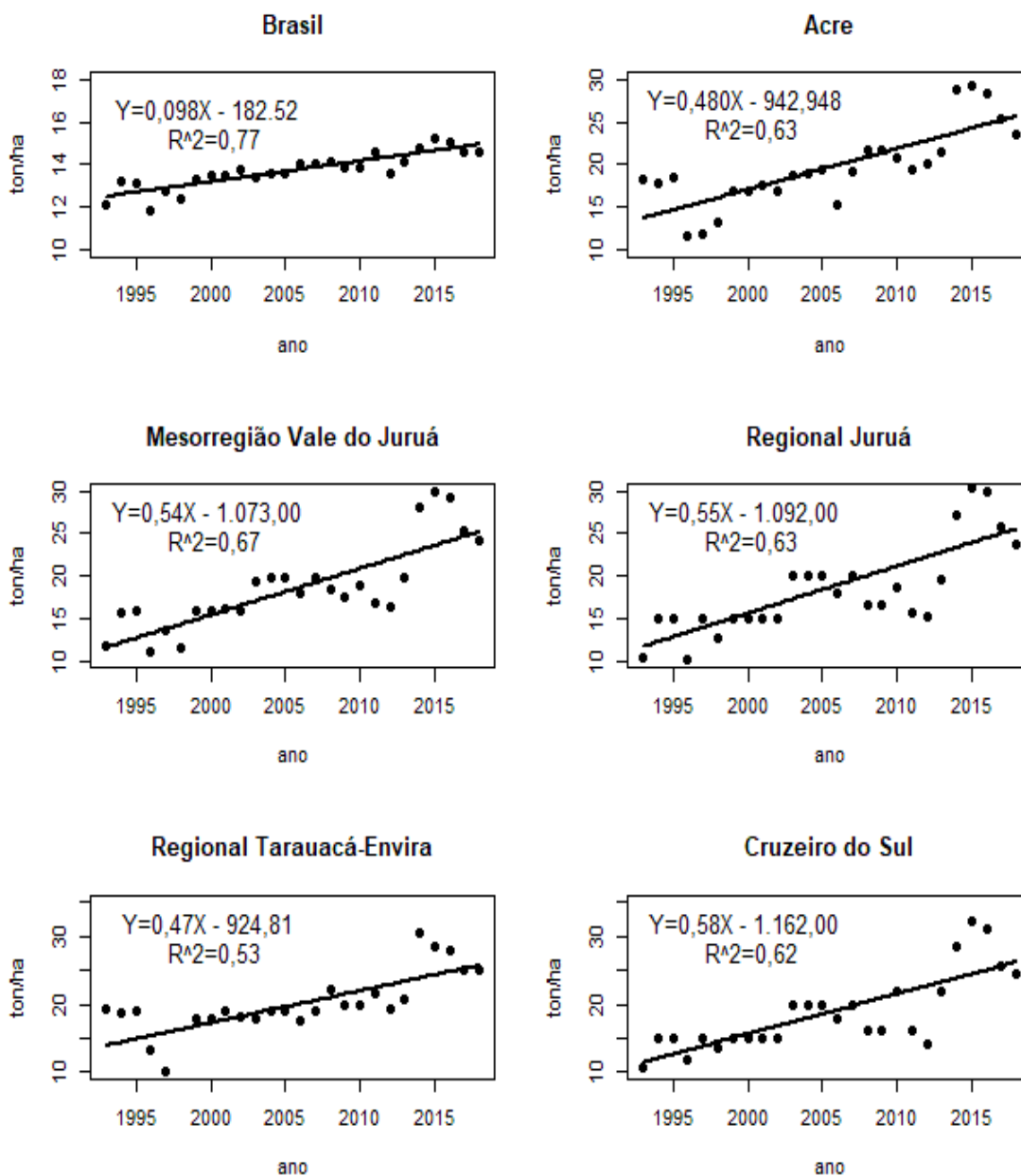


Figura 4: Equações de regressão linear simples estimadas para os valores de produtividade de mandioca registrados na cidade de Cruzeiro do Sul e região adjacente, bem como do Brasil, em função do tempo

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos com a consecução do presente estudo permitiram concluir que a região destacada registra expressiva produtividade na cultura da mandioca, com valores superiores ao registro associado ao Brasil. As demais localidades analisadas registraram valores semelhantes, inclusive em relação ao estado do Acre. Na região,

destacam-se o município de Cruzeiro do Sul e cidades vizinhas como Rodrigues Alves e Mâncio Lima, inseridas na regional Juruá. Ressalta-se que esses municípios estão incluídos na parte norte da mesorregião, em que a precipitação pluviométrica média mensal é superior a 60 mm.

A cidade de Cruzeiro do Sul apresentou incremento anual de 0,58 t.ha⁻¹ na produtividade de mandioca, de acordo com a curva de regressão linear estimada para os registros temporais compreendidos entre os anos de 1993 e 2018, cujo valor é superior ao que se verificou para as demais localidades incluídas no estudo.

REFERÊNCIAS

ACRE. Governo do Estado. **Acre em Números: Caracterização Demográfica e Territorial**. Rio Branco: SEPLAN, 2017. 179 p. Disponível em: <http://acre.gov.br/wp-content/uploads/2019/02/acre-em-numeros-2017.pdf>. Acesso em: 6 jul. 2020.

Ainsworth, E. A.; Long, S. P. What have we learned from 15 years of Free-Air CO₂ Enrichment (FACE)? A meta-analytic review of the responses of photosynthesis, canopy properties and plant production to rising CO₂. **New Phytologist**, v.165, p.351-371, 2005.

Ainsworth, E. A.; Rogers, A. The response of photosynthesis and stomatal conductance to rising [CO₂]: Mechanisms and environmental interactions. **Plant Cell and Environment**, v.30, p.258-270, 2007.

ALVES, J. M. A.; COSTA, F. A.; UCHÔA, S. C. P.; SANTOS, C. S. V.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; RODRIGUES, G. S. Avaliação de dois clones de mandioca em duas épocas de colheita. **Revista Agro@ambienteOnline**, v.2, n.2, p.15-24, 2008.

ALVES, M. C. S.; MOREIRA, M. A. B.; CHAGAS, M. C. M. das.; HOLANDA, J. S. de; SILVA, J. da; LIMA, J. D. S. **Recomendações técnicas para o cultivo da mandioca**. Natal, Rio Grande do Norte, 2009.

ÁLVARES, V. de S.; PAPA, D. de A.; GOMES, F. C. da R.; SANTANA, A. S.; SOUZA, J.M.L.; CAMPOS FILHO, M. D.; SANTIAGO, A. C. C. **Perfil da produção de farinha**

de mandioca artesanal no Território da Cidadania do Vale do Juruá, Acre. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2011. 50 p. (Embrapa Acre, Documentos, 121).

BRITO, R. S; BRITO, R. S; MOREIRA, J. G. V; OLIVEIRA, A. V. Produtividade de mandioca na região do Vale do Juruá Amazônia Ocidental. **Scientia Naturalis**, v.1, n.1, p.1-9, 2019.

CALLEGARI-JACQUES, S. M. **Bioestatística: Princípios e Aplicações**. 1. Ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2003.

ENCK, B. F; SILVA, C. A; RIGOTTI, D; KEFFER, G. F; SOUZA, F. R. Cultivares de mandioca submetidas à adubação fosfatada na Amazônia sul ocidental. **Enciclopédia Biosfera**, v.14, n.25, p.365-371, 2017.

FREITAS, C. G; FARIAS, C. S; VILPOUX, O. F. A produção camponesa de farinha de mandioca na Amazônia Sul Ocidental. **Boletim Goiano de Geografia**, v.31, n.2, p.29-42, 2011.

FERREIRA, J. R. F., SILVEIRA, H. F., MACÊDO, J. J. G., LIMA, M. B., CARDOSO, C. E. L. **Cultivo, processamento e uso da mandioca**. Editora: Embrapa Mandioca e Fruticultura. 1 ed., Brasília, 2013. 32p.

GONÇALVES, R. C; OLIVEIRA, L. C. Embrapa Acre: ciência e tecnologia para o desenvolvimento sustentável do sudoeste da Amazônia. In: SIVIERO, A. **Trinta anos de pesquisas com mandioca no Acre**. Rio Branco, Acre: Embrapa Acre, p. 111-122, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Clima do Brasil**. 1:500.000. Atualização em 12 de junho de 2018, 2018. Disponível em: http://www.dados.gov.br/dataset/cren_climadobrasil_5000. Acesso em: 15 mai. 2020.

IBGE (2017) - Instituto brasileiro de geografia e estatística. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 24 jun. 2019.

Kimball B. A.; Kobayashi, K.; Bindi, M. Responses of agricultural crops to free-air CO₂ enrichment. **Advances in Agronomy**, v.77, p.293-368, 2002.

MODESTO JUNIOR, M. S.; ALVES, R. N. B. Cultura da mandioca: Aspectos socioeconômico, sistemas de cultivo, manejo de pragas e doenças e agroindústria. In: FILGUEIRAS, G. C; HOMMA, A. K. O. **Aspectos socioeconômicos da cultura da mandioca na região Norte**. Brasília, DF: Embrapa, 2016. p.16-48.

MOREIRA, J. G. V.; CRAVEIRO, R. L.; SERRANO, R. O. P.; FORMOLO, A. K. Temporal trend and frequency of maximum precipitations in Cruzeiro do Sul, Acre, Brazil. **Nativa**, v. 4, n. 2, p. 97-102, 2016.

MOREIRA, J. G. V.; AQUINO, A. P. V.; MESQUITA, A. A.; MUNIZ, M. A.; SERRANO, R. O. P. Stationarity in Annual Daily Maximum Streamflow Series in the Hydrographic Basin of the Upeer Jurá River, Western Amazon. **Revista Brasileira de Geografia Física**. V. 12, n. 2, p. 705-713, 2019.

MORETO, V. B.; APARECIDO, L. E. O.; ROLIM, G. S.; MORAES, J. R. S. C. Agrometeorological models for estimating sweet cassava yield. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.48 n.1, p.43-51, 2018.

NOBREGA, M. **Farinha é o primeiro produto a ter selo de indicação Geográfica no AC**. Sebrae, 2017.

PERLIN, M. S.; **Processamento e análise de dados financeiros e econômicos com R**. São Paulo: Publicação Independente, 2018. 434p.

RAMOS, M. M. A.; RAMOS, P. L.; NETO, F. L.; BARBA, P. C. S. D. Utilização do Software R em pesquisas na terapia ocupacional. **Cadernos Brasileiros de Terapia Ocupacional**. V. 27, n. 1, p. 217-230, 2019.

ROS, A. B; HIRATA, A. C. S. Propriedades físicas do solo e produtividade de mandioca em diferentes manejos de coberturas do solo. **Científica**, v.47, n.4, p.411-418, 2019.

Rosenthal, D. M.; Slattery, R. A.; Miller, R. E.; Grennan, A. K.; Cavagnaro, T. R.; Fauquet, C. M.; Gleadow, R. M.; Ort, D. R. Cassava about-FACE: Greater than expected

yield stimulation of cassava (*Manihot esculenta*) by future CO₂ levels. **Global Change Biology**, v.18, p.2661-2675, 2012.

Rosenthal D. M.; Locke, A. M.; Khozai, M.; Raines, C. A.; Long, S. P.; Ort, D. R. Overexpressing the C₃ photosynthesis cycle enzyme sedoheptulose-1-7 bisphosphatase improves photosynthetic carbon gain and yield under fully open air CO₂ fumigation (FACE). **BMC Plant Biology**, v.11, p.123-134, 2011.

SA, C. P. de; SANTIAGO, A. C. C; COSTA, F. de S. **Desempenho econômico da produção de farinha de mandioca em Cruzeiro do Sul, Acre, com Adoção de boas práticas agrícolas**. Rio Branco Acre: Embrapa Acre, 2017. 19 p. (Documentos, 150).

SILVA, A. M.; COLOMNINI, M.; MOURA DA SILVA, M.; SOUZA, R. M.; MONTEIRO, W. M.; BERNARDE, P. S. Ethno-knowledge and attitudes regarding snakebites in the Alto Juruá region, Western Brazilian Amazonia. **Toxicon**, v. 171, p. 66-77, 2019.

SOUZA, J. M. L; ÁLVARES, V. S; NÓBREGA, M. S. Indicação geográfica da farinha de mandioca de Cruzeiro do Sul, Acre. In: SOUZA, J. M. L; ÁLVARES, V. S; NÓBREGA, M. S; NOBRE, I. **Farinha de mandioca de Cruzeiro do Sul: características da identidade regional para a indicação Geográfica**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 37 – 51.

SOUZA, J. M. L; ÁLVARES, V. S; NÓBREGA, M. S. Indicação geográfica da farinha de mandioca de Cruzeiro do Sul, Acre. In: HAVERROTH, M. **Falando em farinha**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 99 – 118.

Vaccari, F. P.; Miglietta, F.; Magliulo, V.; Giuntoli, A.; Cerio, L.; Bindi, M. Free air CO₂ enrichment of potato *Solanum tuberosum* L.: photosynthetic capacity of leaves. **Italian Journal of Agronomy**, v.5, p.3-10, 2001.

VELTHEM, L. H.; KATZ, E. A farinha especial: fabricação e percepção de um produto da agricultura familiar no vale do rio Juruá, Acre. **Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, v.7, n. 2, p.435-456, 2012.

ZIMMERMANN, F. J. P. **Estatística aplicada à pesquisa agrícola**. Brasília: Embrapa, 2014, 582p.

CAPÍTULO II – CARACTERIZAÇÃO TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NA CIDADE DE CRUZEIRO DO SUL, ACRE, BRASIL

O Capítulo II foi publicado em forma de artigo completo na Revista do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Acre, conforme ANEXO II – Artigo publicado na (UÁQUIRI) Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Acre.

CARACTERIZAÇÃO TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NA CIDADE DE CRUZEIRO DO SUL, ACRE, BRASIL

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo realizar diagnóstico do comportamento dos registros pluviométricos mensal e anual na cidade de Cruzeiro do Sul, Acre, ocorridos entre os anos de 1970 a 2019, a partir de dados disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. Foram utilizadas técnicas de estatística descritiva, que são importantes ferramentas de análise exploratória para variáveis quantitativas contínuas. Estatísticas como média e Coeficiente de Variação, além de técnicas gráficas foram destacadas como elementos de apoio à tomada de decisão em relação ao comportamento da precipitação pluviométrica registrada para a localidade em estudo. Os resultados convergiram para a confirmação de um período seco, compreendido de maio a setembro, além de um período notadamente chuvoso, de outubro a abril. O valor médio mensal de precipitação foi de 178,1 mm, tendo o mês de março o maior valor médio de precipitação total mensal, enquanto o menor valor médio foi registrado no mês de julho. Os resultados permitiram concluir que os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março apresentam as menores variações pluviométricas para os 49 anos avaliados, com coeficientes de variação menor o igual a 35,95%. Além disso foi verificado que a precipitação mensal registrada para Cruzeiro do Sul apresentou grande variabilidade, com intervalo de 32,38% a 71,65% no coeficiente de variação, tendo o maior valor atribuído ao período seco (baixo valor médio de precipitação total) e o menor valor associado ao período chuvoso.

Palavras-chaves: Precipitação pluviométrica. Variabilidade. Período seco. Período chuvoso.

TEMPORAL CHARACTERIZATION OF RAINFALL IN THE CITY OF CRUZEIRO DO SUL, ACRE, BRAZIL

ABSTRACT

This work aims to perform a diagnosis of the behavior of monthly and annual rainfall records in the city of Cruzeiro do Sul, Acre, occurred between 1970 and 2019, based on data provided by the National Institute of Meteorology – INMET. Descriptive statistical techniques were used, which are important exploratory analysis tools for continuous quantitative variables. Statistic tools, such as mean of data and Coefficient of Variation,

in addition to graphic techniques, were applied as elements to support decision-making in relation to the behavior of rainfall recorded for the locality under study. The results converged to confirm a dry period, from May to September, and a remarkably rainy period, from October to April. The average monthly precipitation value was 178.1 mm, being March the month having the highest average monthly total precipitation value, whereas the lowest average value was recorded for July. The results allowed us to conclude that the months of December, January, February, and March present the lowest rainfall variations for the interval of 49 years evaluated, with variation coefficients less than 35.95 %. In addition, it was verified that the monthly precipitation recorded for Cruzeiro do Sul presented great variability, with an interval from 32.38 % to 71.65 % in the coefficient of variation, with the highest variation attributed to the dry period (low mean total precipitation value) and the lowest value associated with the rainy season.

Keywords: Rainfall. Variability. Dry season. Rainy season.

INTRODUÇÃO

O debate sobre as questões ligadas ao clima ganhou notoriedade em esferas distintas da sociedade: científica, ambiental, econômica e política. Visto que as alterações nos padrões climáticos têm provocado diversas modificações, tanto na escala temporal quanto espacial, monitorar e conhecer sobre a variabilidade climática e suas consequências tornou-se fundamental, especialmente sobre as variáveis hidrológicas, cujos impactos são mais evidentes (COUTINHO et al., 2018; FREITAS e PAIVA, 2018).

Uma das variáveis hidrometeorológicas de maior importância para a sociedade é a precipitação pluviométrica, por influenciar diretamente na atividade exercida pelo homem, onde seu excesso (enchentes) ou escassez (secas) tendem a ocasionar danos socioeconômicos e ambientais significativos (DINIZ, 2013).

A chuva é uma variável que demonstra enorme variação no tempo e no espaço, e é totalmente influenciada pela localização geográfica, relevo e por diversas variáveis meteorológicas que incidem sobre o balanço de energia no planeta. Por isso, o estudo da variabilidade pluviométrica é importante, sobretudo àqueles voltados à tomada de decisão ao planejamento agrícola e a gestão de riscos em eventos extremos que afetam dada região (ALVES et al., 2016).

As variações dos elementos meteorológicos têm sido reconhecidas ao longo dos anos e determinam as características climáticas das diversas zonas terrestres, como tal sua

estrutura socioeconômica e até mesmo os meios de produção são inteiramente dependentes dessas características (MARIN et al., 2000). Com efeito, a variabilidade pluviométrica pode afetar diretamente a vida econômica e social da população de diferentes formas, a exemplo da atividade agrícola, que impulsiona economicamente o Produto Interno Bruto (PIB), de diversas regiões produtivas do país, como a Mesorregião Vale do Juruá, no estado do Acre, com evidente potencial para a produção de mandioca (BRITTO et al., 2008; SILVA et al., 2020).

De acordo com Santos et al., (2018), o regime pluviométrico é influenciado por muitos eventos, a exemplo do El Niño e La Niña, cuja ocorrência pode ser preponderante ao planejamento agrícola de certas regiões, já que é um setor de total dependência da ocorrência de chuvas para a produção significativa e capaz de impactar no desempenho econômico de uma região.

Nesse sentido, Medeiros (2018) revela que os estudos manifestam carência de correlação de chuvas com acontecimentos climáticos de larga escala, a exemplo do El Niño e La Niña. O autor avaliou a influência da variabilidade pluviométrica com o número de dias de chuva na cidade de Recife-PE e suas afinidades com os fenômenos El Niño e La Niña, e verificou que no quadrimestre seco, correspondendo os meses de outubro a janeiro, não se verificou interferência de tais episódios e concluiu que os dias de ocorrência de chuva no Recife pouco são influenciados pelos fenômenos El Niño e La Niña, pois nos meses em que ocorrem maiores intensidades desses episódios, as chuvas ocorridas evidenciaram estabilidade. Resultados parecidos foram encontrados em estudos realizados por Medeiros et al., (2016) para o município de Bom Jesus do Piauí.

Paiva et al., (2016) verificaram que em anos de El Niño, para região amazônica houve decréscimo no Índice de Vegetação por diferença Normalizada (NDVI) e um acréscimo em anos de La Niña. Menores valores anuais de NDVI aconteceram em ano de El Niño forte e conseqüentemente os maiores correram em ano de La Niña fraca. Os mesmos ainda ressaltam que o NDVI se mostrou útil para indicar efeitos de eventos climáticos como El Niño e La Niña na vegetação. Quando em El Niño teve um decréscimo no índice, manifestando a influência do evento, já que se trata de um período seco na região, assim diminui o vigor da vegetação. E quando em períodos de La Niña teve um aumento no índice, revelando novamente a influência do evento, pois se trata de um período chuvoso para a região, resultando no aumento do vigor da vegetação.

Nesse contexto, Schaab (2018) concluiu em seu estudo que o impacto exercido na agricultura decorrente dos fenômenos que interferem no regime pluviométrico impacta

sobre a produtividade agrícola. Diante disto, é notável que o setor agrícola no Brasil é grande influenciador nas esferas da matriz de produção, e uma variação na sua demanda reflete em toda a economia.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi realizar um diagnóstico do comportamento dos registros pluviométricos na cidade de Cruzeiro do Sul, Acre, materializados no período compreendido entre os anos de 1970 a 2019, a partir de dados disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

MATERIAL E MÉTODOS

O município de Cruzeiro do Sul-AC (Figura 5) localiza-se na mesorregião Vale do Juruá, nas coordenadas geográficas de latitude 7° 37' 52" S e longitude 72° 40' 12" W. É a segunda cidade mais populosa do estado do Acre, com cerca de 90 mil habitantes e extensão territorial de 7.781,5 km² (IBGE, 2010), além de uma altitude média de 182 m em relação ao nível do mar. O clima predominante na região em estudo é classificado, segundo Köppen, como equatorial quente e úmido (Af), com temperatura média anual de aproximadamente 24,5 °C (MOREIRA et al., 2020).

A classificação climática de Nimer (1979), destaca a influência da temperatura e da umidade na diversidade climática, baseando-se na climatologia dinâmica e no ritmo das massas de ar. De tal modo, para a região de estudo observa-se o tipo climático Equatorial Quente, com média diária de temperatura superior a 18°C em todos os meses, e com distribuição de umidade do tipo super úmido a subseco (Figura 5).

Essa região é dividida em dois períodos, um mais seco (maio a setembro) e um período notadamente chuvoso (outubro a abril). A precipitação pluviométrica média anual da região é de 2.000 mm e média mensal de 60 mm (MOREIRA et al., 2016; MOREIRA et al., 2019). Assim sendo, observa-se que entre as três zonas de variação de umidade identificadas na classificação de Nimer (1979), a região de Cruzeiro do Sul se destaca por ter a maior distribuição de umidade.

Os dados utilizados nesse trabalho foram de precipitação pluviométrica total mensal e anual, anotados para a cidade de Cruzeiro do Sul, durante o período de 1970 a 2019, gravados na estação meteorológica 82704 (7°38'S; 72°40'W, em *datum* WGS84), operada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (MOREIRA et al., 2019; SILVA et al., 2020) (Figura 5). Ocorreram falhas pontuais dos registros nos anos de 1991

e 1992, correspondendo a 4% das informações, cujos valores mensais foram preenchidos pela média aritmética de números anteriores (OLIVEIRA et al., 2010).

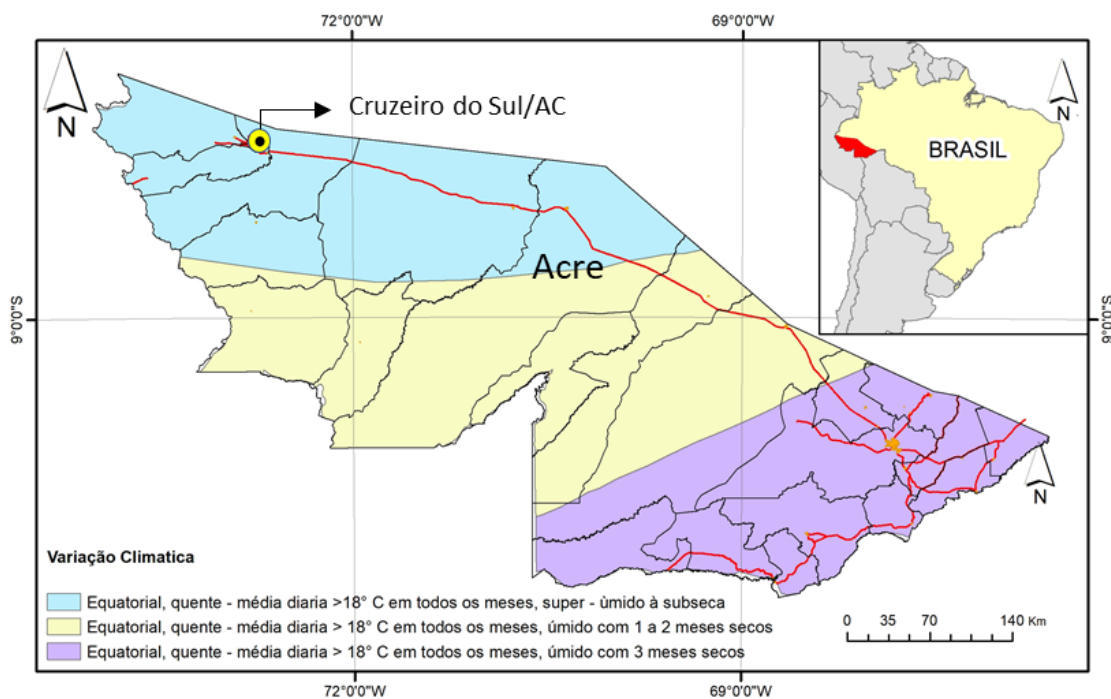


Figura 5: Localização da cidade de Cruzeiro do Sul e variação climática ao longo do estado do Acre (Fonte: SILVA et al., 2020).

No tocante à análise dos dados, foram utilizadas técnicas de estatística descritiva que, de acordo com Lobato et al., (2018), são importantes ferramentas de análise exploratória para variáveis como a precipitação pluviométrica. Estatísticas como média e Coeficiente de Variação, além de técnicas gráficas forneceram elementos importantes de apoio à tomada de decisão no tocante ao comportamento da precipitação pluviométrica registrada para a cidade de Cruzeiro do Sul.

RESULTADO E DISCUSSÃO

A precipitação pluviométrica total mensal e anual atinentes aos registros para a cidade de Cruzeiro do Sul, Acre, no período compreendido entre os anos de 1970 e 2019, é representada através de um resumo descritivo, cujos resultados estão expostos na (Tabela 2).

Tabela 2: Resumo descritivo das observações de precipitação pluviométrica total mensal e anual registradas em Cruzeiro do Sul, Acre, no período de 1970 a 2019.

Mês	Média (mm)	Mínima (mm)	Máxima (mm)	CV (%)
Janeiro	246,20	75,50	484,00	35,87
Fevereiro	246,20	61,80	454,80	35,71
Março	273,90	40,80	448,50	35,94
Abril	216,40	59,80	448,70	38,48
Maio	148,40	42,20	308,00	43,24
Junho	88,33	1,20	219,20	54,68
Julho	70,26	4,20	230,90	71,65
Agosto	77,28	10,50	194,70	46,62
Setembro	122,90	30,20	340,30	54,79
Outubro	196,70	62,60	508,70	47,49
Novembro	210,20	54,80	480,20	44,38
Dezembro	240,30	99,00	438,10	32,38
Anual	2.137,00	1.100,50	2.848,10	18,03

Ao avaliar as médias totais mensais e anuais dos 49 anos, verificou-se que na cidade de Cruzeiro do Sul há duas estações bem definidas, sendo uma chuvosa (outubro a abril) e uma seca (maio a setembro) (Tabela 2). A determinação do período úmido e árido predominante em determinada região é importante, com relevância demonstrada em vários estudos, a exemplo daqueles executados por Pizzato et al., (2012), Silva et al., (2013), Mossini Junior et al., (2016) que, avaliando a distribuição de precipitação de Cáceres-MT, Sapezal-MT e Nova Mutum-MT, simultaneamente, também conseguiram alcançar e definir de forma sinuosa quais estações para as devidas cidades analisadas de

secas e chuvosas. Seus resultados se assemelham ao que se observou no presente estudo, em que as regiões analisadas apresentaram duas estações bem definidas, sendo elas o período de seca (maio a setembro) e o chuvoso (outubro a abril).

Do resumo descritivo apresentado na (Tabela 2), nota-se que o mês de março apresentou maior valor médio de precipitação pluviométrica total mensal para o período em análise, enquanto o menor valor foi atribuído ao mês de julho, típico de um mês subseco, com precipitações superiores a 60 mm, construída a partir da classificação climática de Nimer (1979). Tal informação é ratificada na (Figura 6). Nota-se, ainda, que o mês de dezembro, com coeficiente de variação igual a 32,38%, apresentou menor variação em relação ao valor médio de precipitação pluviométrica total mensal e que, juntamente com janeiro, fevereiro e março representam os meses com as menores variações pluviométricas encontradas nesses 49 anos avaliados.

Por outro lado, constatou-se que a precipitação pluviométrica total mensal registrada para Cruzeiro do Sul apresentou uma grande variabilidade, com o coeficiente de variação compreendido no intervalo de 32,38% a 71,65%. Ficou evidente, ainda, que o maior valor ocorreu no período seco (baixo valor médio de precipitação total) e o menor estando associado ao período chuvoso.

Muitas são as causas que podem estar relacionadas a essa variabilidade verificada, incluídos os padrões de circulação atmosférica que prevalecem na região amazônica, além da influência de perturbações tanto em escala regional quanto global. Tais perturbações afetam o regime hidrológico da região em sua escala temporal (NOBRE et al., 2007; NÓBREGA, 2014). Alguns processos tais como ENSO (El Niño – Oscilação Sul), ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul), AB (Alta da Bolívia) entre outros podem estar relacionados à variabilidade verificada, uma vez que o estudo sugerido por Santos et al., (2013) mostrou como parte de suas conclusões que fenômenos como estes influenciam o regime pluviométrico da Amazônia, onde está localizada a região em estudo. Além disso, verificou-se que a cidade de Cruzeiro do Sul apresentou valor médio da precipitação pluviométrica total anual de 2.137 mm para o período em destaque.

Em relação ao período de maior e menor concentração das chuvas, Silva et al., (2019) apresentam como parte de suas conclusões que o regime pluviométrico da região que abrange o município de Goiana, no estado de Pernambuco, é diferente dos resultados encontrados no presente estudo. O referido estudo concluiu que o mês de junho é o mais chuvoso enquanto o mês de novembro é o que apresenta menor volume pluviométrico. Já o estudo conduzido por Bortoluzzi et al., (2019) obteve conclusões semelhantes ao

presente estudo no regime de precipitação pluvial registrado na cidade de Gaúcha-PR, onde o comportamento da precipitação provável mensal, apresentaram chuvas bem distribuídas sobre o domínio (setembro a março) e os meses mais secos (correspondentes ao inverno). As ponderações revelam a importância de estudos em escala regional frente ao planejamento de atividades influenciadas pelo regime pluviométrico, especialmente nos projetos voltados ao setor agrícola, haja visto as particularidades de cada cultura e região.

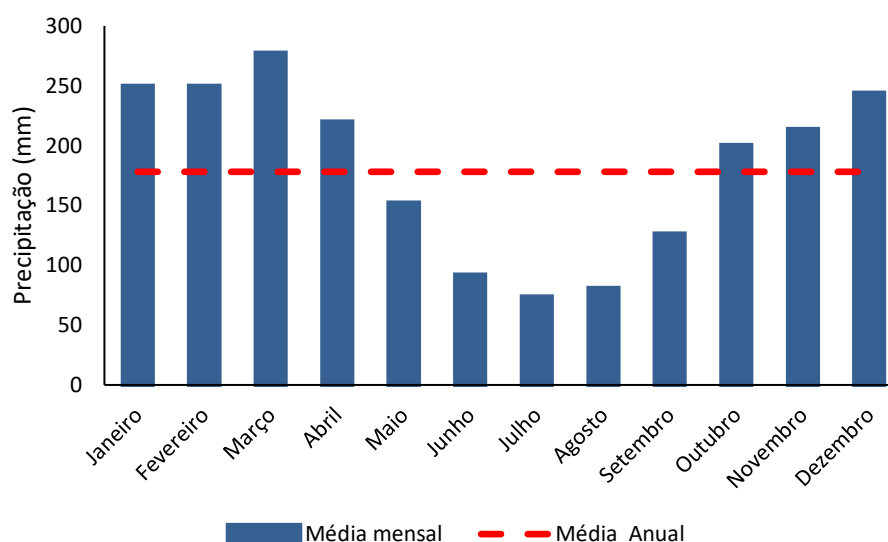


Figura 6: Precipitação pluviométrica com média mensal entre janeiro e dezembro. E média anual para os anos 1970 a 2019.

No período analisado, o mês que teve a menor precipitação pluviométrica foi o de julho, com 70,3 mm (Figura 6), enquanto o mês que se teve a maior precipitação foi o mês de março, com 273,9 mm. Percebeu-se ainda que os meses tiveram distantes da média anual, tanto para mais quanto para menos, confirmando um período mais seco (maio a setembro) e um período notadamente chuvoso (outubro a abril). O município de Cruzeiro do Sul apresentou, durante a série histórica avaliada, média mensal anual de precipitação pluviométrica de aproximadamente 178,1 mm, representada pela linha pontilhada na (Figura 6).

Os resultados evidenciam, adicionalmente, que os meses em que foram registradas as maiores médias mensais foram dezembro, janeiro, fevereiro e março, sendo que o mês de março apresentou o maior total médio de precipitação pluviométrica mensal, com 273,9 mm, enquanto o mês de julho observou-se a menor média, com 70,3 mm.

Resultados parecidos foram encontrado como parte das conclusões do trabalho apresentado por Souza et al., (2018), que obteve-se uma média anual de precipitação pluviométrica de 1.017,11 mm, com alta variabilidade entre os anos em estudo, e que o mês com maior média de precipitação pluviométrica foi dezembro e menor foi observado no mês de julho. Resultados inversos são encontrados por Bezerra et al., (2010) concluindo que as variabilidades da precipitação pluviométrica mensal para o município de Porto Velho-RO entre os decênios, em todos os meses, não ultrapassaram 85 mm nos meses chuvosos e apenas 28 mm nos meses de estiagem.

CONCLUSÕES

Os resultados do presente estudo permitiram concluir que os registros pluviométricos na cidade de Cruzeiro do Sul apontam um período seco, compreendido de maio a setembro e um período notadamente chuvoso, de outubro a abril. Para a série estudada obteve-se um total de precipitação pluviométrica mensal médio anual de 178,1 mm para cada mês, tendo o mês de março o maior valor médio de precipitação pluviométrica total mensal para o período em análise, enquanto o menor valor foi registrado para o mês de julho.

Os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março são os meses que apresentam as menores variações pluviométricas para os 49 anos avaliados, com coeficiente de variação menor ou igual a 35,94%. Além disso foi verificado que a precipitação pluviométrica mensal registrada para Cruzeiro do Sul apresentou grande variabilidade, com intervalo de 32,38% a 71,65% no coeficiente de variação, tendo o maior valor atribuído ao período seco (baixo valor médio de precipitação total) e o menor associado ao período chuvoso.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. O.; PEREIRA, P. C.; QUEIROZ, M. G.; SILVA, T. G. F.; FERREIRA, J. M. S.; JÚNIOR, G. N. A. Índice de anomalia de chuva para diferentes mesorregiões do estado de Pernambuco. **Pensar Acadêmico**, v.14, n.1, p.37-47, 2016.

BEZERRA, R. B.; DANTAS, R. T.; TRINDADE, A. G. Caracterização temporal da precipitação pluvial do município de Porto Velho/RO no período de 1945 a 2003. **Sociedade & Natureza**, v.22, n.3, p.609-623, 2010.

BORTOLUZZI, D. D'O.; PRADO, G.; HARA, A. T.; SOUZA, A. C. S. Precipitação mensal provável no noroeste do Paraná. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.13, n.2, p.3314 - 3326, 2019.

BRITTO, P. F.; BARLETTA, R.; MENDONÇA, M. Variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial no Rio Grande do Sul: influência do fenômeno El Niño Oscilação Sul. In: **Revista Brasileira de Climatologia**, v.3/4, p.37- 48, 2008.

COUTINHO, E. de C.; ROCHA, E. J. P.; LIMA, A. M. M.; GUTIERREZ, L. A. C. L.; BARBOSA, A. J. S. B.; PAES, G. K. A. A.; BISPO, C. J. C.; TAVARES, P. A. Variabilidade climática da precipitação na bacia amazônica brasileira entre 1982 e 2012. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, p.476-500, 2018.

DINIZ, J. M. T., Variabilidade da precipitação e do número de dias com chuvas de duas cidades distintas da Paraíba, **Holos**, v. 3, p. 171-180, 2013.

FREITAS, A. R. P.; PAIVA, L. E. B. Revisão da produção científica internacional de brasileiros acerca das mudanças climáticas. **Revista de Gestão Social e Ambiental**. v. 12, n. 3, p.95-113, 2018.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>. Acessado em 04 de janeiro de 2021.

LOBATO, W. T. S.; ALMEIDA, G. M.; ALVES, K. N. A.; SOUZA, A. M. B.; LIMA, B. M.; LIMA, E. S. F.; SOUZA, A. A. S.; LIMA, M. J. A. Precipitação pluviométrica mensal e anual do município de Tracuateua, Pará. **Agroecossistemas**, v.10, n.2, p.255-272, 2018.

MARIN, F. R.; SENTELHAS, P. C.; NOVA, A. V. Influência dos fenômenos El Niño e La Niña no clima de Piracicaba, SP. In: **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.15, n.1, p.123-129, 2000.

MEDEIROS, R. M. Mudanças do ENSO com relação à precipitação e dias com chuva em Recife - PE, Brasil. **Revista Mirante**, v.11, n.8, p.222 – 240, 2018.

MEDEIROS, R. M.; BRITO, J. I. B.; SILVA, V. M. A.; MELO, V. S.; COSTA NETO, F. A. El Niño/La Niña e sua influência no número de dias com chuva em Bom Jesus – Piauí, Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.11, n.2, p.16-23, 2016.

MOREIRA, J. G. V.; CRAVEIRO, R. L.; SERRANO, R. O. P.; FORMOLO, A. K. Temporal trend and frequency of maximum precipitations in Cruzeiro do Sul, Acre, Brazil. **Nativa**, v. 4, n. 2, p. 97-102, 2016.

MOREIRA, J. G. V.; AQUINO, A. P. V.; MESQUITA, A. A.; MUNIZ, M. A.; SERRANO, R. O. P. Stationarity in Annual Daily Maximum Streamflow Series in the Hydrographic Basin of the Upeer Jurá River, Western Amazon. **Revista Brasileira de Geografia Física**. V. 12, n. 2, p. 705-713, 2019.

MOREIRA, J. G. V.; MUNIZ, M. A.; MAIA, G. F. N.; MESQUITA, A. A.; PEREIRA, L. B.; SERRANO, R. O. P. Franquency Analysis of maximum flows recorded in the upper Jurua river basin, Acre, Brazil. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, v. 7, n. 2, p. 23-36, 2020.

MOSSINI JUNIOR, D., RAMOS, H.C., DALLACORT, R., SILVA, F.S. distribuição e probabilidade de precipitação para Nova Mutum, Mato Grosso, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, v. 13, n. 24, p. 435-447, 2016.

NOBRE, C. A.; SAMPAIO, G.; SALAZAR, L. Mudanças climáticas e Amazônia. **Ciência e Cultura**, v. 59, n. 3, p. 22-27, 2007.

NÓBREGA, R. S. Impactos do desmatamento e de mudanças climáticas nos recursos hídricos na Amazônia ocidental utilizando o modelo SLURP. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, n. esp., p. 111-120, 2014.

NIMER, E. Um modelo metodológico da classificação de climas. **Revista Brasileira de Geografia - IBGE**, v. 41, n. 4, p. 59-89, 1979.

OLIVEIRA, L. F. C.; FIOREZE, A. P.; MEDEIROS, A. M. M.; SILVA, M. A. S. Comparação de metodologias de preenchimento de falhas de séries históricas de precipitação pluviométrica anual. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 11, p. 1186-1192, 2010.

PAIVA, C. M.; JESUS, A. S. G.; FRANÇA, G. B.; MARA, L. Análise dos Efeitos do Déficit Hídrico na Resposta Temporal do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) no Estado do Amazonas. **Ciência e Natura**, v. 38, n. 2, p. 1065-1076, 2016.

PIZZATO, J. A.; DALLACORT, R.; TIEPPO, R. C.; MODOLO, A. J.; CREMON, C.; MOREIRA, P. S. P. Distribuição e probabilidade de ocorrência de precipitação em Cáceres (MT). **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 2, p. 137-142, 2012.

SANTOS, D. C.; MEDEIROS, R. M.; CORREIA SANTOS, D.; BRITO, J. I. B. Variabilidade climática de regiões pluviometricamente homogêneas na Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 4, p. 903-918, 2013.

SANTOS, R. A.; MARTINS, D. L.; SANTOS, R. L. Balanço hídrico e classificação climática de Köppen e Thornthwaite no município de Feira de Santana (BA). **Geo UERJ**, n.33, p.1-17, 2018.

SCHAAB, L. L. Impacto dos efeitos El Niño e La Niña sobre o setor agrícola brasileiro: uma análise de insumo-produto. **Revista da FAE**, v.21, n.2, p.131-146, 2018.

SILVA, J. R. S.; MESQUITA, A. A.; SERRANO, R. O. P.; MOREIRA, J. G. V. Produtividade de mandioca na mesorregião Vale do Juruá, Acre, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, v.17, n.33, p.381-391, 2020.

SILVA, E. G. F. A.; POLYCARPO, J. S. M.; MELO, R. F.; MOUSINHO, F. H. G.; OLIVEIRA FILHO, J. E.; CORREA, M. M. Determinação de precipitação provável mensal para o município de Goiana-PE. **Revista GEAMA**, v. 5, n. 1, p. 41-46, 2019.

SILVA, E. S., ZAVISLAK, F. D., DALLACORT, R., CARVALHO, M. A. C., ARAUJO, D. V. Distribuição de probabilidade de chuva no município de Sapezal, MT. **Enciclopédia Biosfera**, v.9, n.17, p.1112-1122, 2013.

SOUZA, D. O.; OLIVEIRA, F. G.; CASTRO, I. L.; SOARES, J. B. S.; REIS, M. M.; FIGUEIREDO, F. P. Frequência de ocorrência de precipitação pluviométrica em Montes Claros-MG. **Revista Agrarian**, v.11, n.42, p.337-342, 2018.

CAPÍTULO III – PROBABILIDADE DE PRECIPITAÇÃO PARA A CIDADE DE CRUZEIRO DO SUL, ACRE, BRASIL

O Capítulo III foi publicado em forma de artigo completo na Revista Ambiente & Água, cujo Qualis para o quadriênio 2013-2016 é B1, conforme ANEXO III – Artigo publicado na Revista Ambiente & Água.

PROBABILIDADE DE PRECIPITAÇÃO PARA A CIDADE DE CRUZEIRO DO SUL, ACRE, BRASIL

RESUMO

Devido a aleatoriedade na ocorrência dos fenômenos hidrológicos, a estimação das precipitações prováveis em determinada região é importante para auxiliar na tomada de decisão. O presente trabalho objetivou ajustar o modelo probabilístico da distribuição Gama aos totais mensais e anuais de precipitação pluviométrica registrados na cidade de Cruzeiro do Sul, Acre, para o período compreendido entre 1970 e 2019, além de estimar os valores esperados em diferentes níveis de probabilidade. Valendo-se do método da máxima verossimilhança foram estimados os parâmetros da distribuição, com aderência ratificada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. Os resultados apontaram que: a distribuição Gama mostrou-se adequada ao ajuste dos dados; a região possui dois períodos bem definidos em seu padrão pluviométrico; os valores médios de precipitação registrados na localidade estão entre 30% e 40% de probabilidade. Finalmente, foram apresentados valores prováveis de precipitação pluviométrica em diferentes níveis de probabilidade para a cidade de Cruzeiro do Sul.

Palavras-chave: Planejamento agrícola. Distribuição de probabilidades. Precipitação pluviométrica esperada.

PROBABILITY OF RAIN PRECIPITATION FOR THE CITY OF CRUZEIRO DO SUL, ACRE, BRAZIL

ABSTRACT

Due to randomness in the occurrence of hydrological phenomena, the estimation of probable rain precipitation in a given region is important in assisting the decision making. The present work aimed to adjust the probabilistic model of the Gamma distribution to the monthly and annual rainfall totals recorded in the city of Cruzeiro do Sul, Acre, for the period between 1970 and 2019, in addition to estimating the expected values at different probability levels. Using the maximum likelihood method, the distribution parameters were estimated, with adherence ratified by the Kolmogorov-Smirnov test. The results showed that the Gamma distribution was adequate to adjust the data; the region has two well-defined periods in its rainfall pattern; the mean precipitation values recorded in the locality are between 30 % and 40 % of probability. Finally, probable rainfall values were presented at different probability levels for the city of Cruzeiro do Sul.

Keywords: Agricultural planning. Probability distribution. Expected rain precipitation.

INTRODUÇÃO

A precipitação pluviométrica é um dos eventos de natureza meteorológica com grande influência sobre as condições ambientais bem como em diversas atividades de condição antropogênica. Com efeito, a chuva é o elemento hidrológico que dispara muitos outros processos, pois é o componente de entrada no balanço hídrico de uma região, e os resultados de tal interação influenciam as atividades humanas desde as sociedades primordiais (Moreira et al., 2016, Passos et al., 2017, Miguez et al., 2018).

A chuva é o início de um processo que resulta no atendimento das necessidades humanas básicas e ao impulso de atividades importantes como a indústria, agricultura, transformação de energia etc. Na sociedade atual, os elementos hidrológicos relacionados à precipitação pluviométrica influenciam fortemente no desenvolvimento social e econômico das nações (Baptista e Coelho 2010, Moreira et al., 2016).

De acordo com Martins et al., (2010), de todos os segmentos da economia, a agricultura representa o setor com maior dependência das variáveis climáticas, destacando-se a precipitação pluviométrica, cujo impacto é responsável por expressivas oscilações ao longo dos anos.

A região em estudo, por exemplo, tem a cultura da mandioca como principal produto agrícola, o que lhe impõe destaque até mesmo no mercado nacional. A cultura, por sua vez, depende fortemente da distribuição espacial e temporal de chuvas (Brito et al., 2019). Com isso, os resultados verificados no presente estudo podem ser favoráveis à cultura, visto que apontam para boa distribuição de chuvas na região, que apresentou média mensal superior a 70 mm, mesmo nos meses menos chuvosos.

Neste sentido, o estudo conduzido por Flores (2015) aponta que, no estado do Acre, o plantio da cultura da mandioca concentra-se nos meses que iniciam o período chuvoso (outubro a dezembro), garantindo o fornecimento de água indispensável para o crescimento inicial das plantas. A quantidade de chuva adequada está entre 1.000 e 1.500 mm/ano, bem distribuídos, porém, a cultura produz razoavelmente em localidades com índices de até 4.000 mm/ano, quando imposta a solos bem drenados (Souza et al., 2006).

Por isso, o conhecimento prévio sobre o comportamento do regime pluviométrico de uma região é item basilar ao planejamento agrícola, pois o sucesso das atividades que

envolvem o setor está diretamente ligado à ocorrência e magnitude de chuvas (Arai et al., 2009, Souza et al., 2018). A cultura da mandioca, por exemplo, que sobreleva o Brasil ao posto de quarto maior produtor do mundo, tem as condições climáticas como um fator regulador de produção, especialmente, o regime de precipitação, que necessita de efetivo gerenciamento das condições de solo e drenagem (Martins et al., 2010, Soman et al., 2016, Moreto et al., 2018).

Dada a importância da precipitação pluviométrica, sobretudo em contexto regional, a necessidade de quantificar e/ou prever suas ocorrências tornou-se condição ao desenvolvimento das atividades agropecuárias e de tantos outros segmentos produtivos. Com isso, o avanço científico e tecnológico permitiu a criação de instrumentos eficientes, voltados a esse fim, especialmente aqueles constituídos a partir do argumento basal da aleatoriedade presente na ocorrência desses fenômenos (Moreto et al., 2018, Bortoluzzi et al., 2019).

Como a precipitação pluviométrica é um fenômeno dependente de vários fatores de característica estocástica, torna-se coerente a utilização dos modelos inseridos no âmbito das distribuições de probabilidades, as quais possibilitam, entre outras, estimar quantis prováveis de precipitação mensal ou anual para determinada localidade. Tais instrumentos são importantes ferramentas de auxílio à tomada de decisão ao planejamento de diversas atividades relacionadas à agricultura, pecuária, construção civil, transporte etc. (Pizzato et al., 2012, Passos et al., 2017).

De fato, a modelagem estatística em estudos hidrológicos é extremamente importante no que tange à previsão dos eventos associados à probabilidade de suas ocorrências, conforme elucidado no estudo executado Abreu et al., (2018). No trabalho, os autores inserem os modelos de probabilidades na relação de práticas aliadas ao planejamento racional das diversas atividades que dependem da dinâmica envolvida na ocorrência da precipitação pluviométrica. Por sua vez, Costa e Fernandes (2015), consideram-na como uma das etapas básicas que sustentam a tomada de decisão, especialmente no contexto presente, cujo tema é recorrente na literatura da especialidade.

Neste sentido, existem diversas distribuições a serem ajustadas ao registro temporal das variáveis hidrológicas. No contexto presente, em que se propõe estimar os quantis totais de precipitação pluviométrica provável na cidade de Cruzeiro do Sul, contextualizados em intervalos mensal e anual, a distribuição de Gama apresenta pressupostos que lhe outorgam destaque entre as demais (Bermudez et al., 2017; Abreu et al., 2018).

Portanto, o objetivo do presente estudo foi estimar os valores prováveis de precipitação pluviométrica em diferentes níveis de probabilidade para a cidade de Cruzeiro do Sul, Acre, a partir dos eventos materializados no período compreendido entre os anos de 1970 e 2019, cujos registros são disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

Entre muitos fatores que justificam a pesquisa, destacam-se o potencial produtivo da região, especialmente para a cultura da mandioca, influenciada por seu regime pluviométrico que pode influenciar tanto na atividade agrícola quanto em outros segmentos.

Justifica-se, adicionalmente, uma vez que os valores estimados de precipitação pluviométrica podem sofrer influência ao longo do tempo, creditando-se a diversos fatores, entre eles as alterações climáticas creditadas à ação antrópica, bem como aquelas relacionadas à variabilidade climática natural que, de forma conjunta ou isolada, tem efeito sobre os processos hidrológicos atuantes na região (Moreira et al., 2019; Marengo e Souza Júnior, 2018).

MATERIAL E MÉTODOS

A cidade de Cruzeiro do Sul está localizada na região do Vale do Juruá, no estado do Acre. O clima predominante na região, segundo classificação de Köppen, é o tropical úmido (Af), com temperatura média anual de aproximadamente 24,5 °C. Contudo, dada a natureza do trabalho adotou-se como referência o modelo de Nimer (1979), que procura “integrar métodos tradicionais e dinâmicos” para melhor compreender as complexas relações ecológicas da biodiversidade brasileira (Nimer, 1979).

A classificação climática de Nimer (1979), prioriza a influência da temperatura e da umidade na diversidade climática, e por sua vez se baseia na climatologia dinâmica e no ritmo das massas de ar. Assim, para a região de estudo observa-se o tipo climático Equatorial Quente, com média diária de temperatura superior a 18°C em todos os meses, e com distribuição de umidade do tipo super – úmido à subseca (Figura 7).

A região apresenta um período mais seco (maio a setembro) e um período notadamente chuvoso (outubro a abril), com médias anuais de precipitação de aproximadamente 2.000 mm (Moreira et al., 2016, Moreira et al., 2019). Portanto, observa-se que entre as três zonas de variação de umidade identificadas na classificação

de Nimer (1979), a região de Cruzeiro do Sul se destaca por ter a maior distribuição de umidade.

Neste trabalho, foram utilizados os dados de precipitação pluviométrica total mensal e anual, computados para a cidade de Cruzeiro do Sul, durante o período de 1970 a 2019, gravados na estação meteorológica 82704 (7°38'S; 72°40'W, em datum WGS84), operada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (Souza et al., 2011, Moreira et al., 2019) (Figura 7). Ocorrem falhas pontuais nos registros nos anos de 1991 e 1992, correspondendo a 4% dos registros, cujos valores mensais foram preenchidos pelo método de ponderação regional (Oliveira et al., 2010).

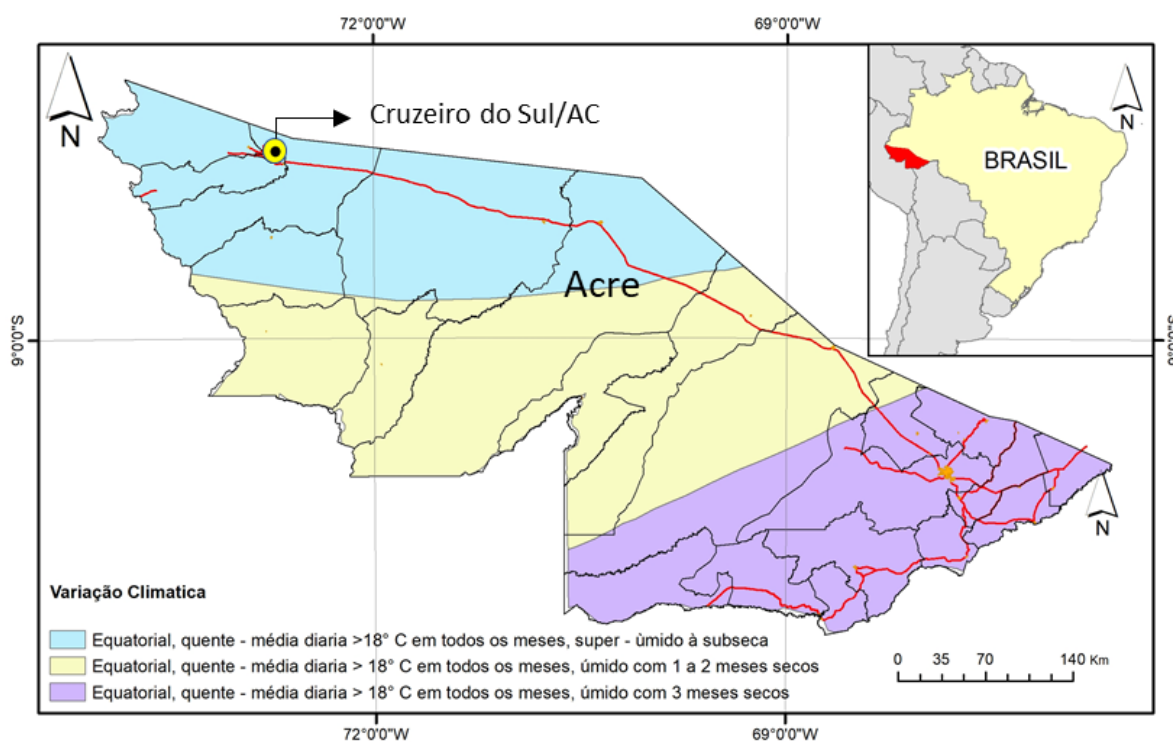


Figura 7: Localização da cidade de Cruzeiro do Sul e variação climática ao longo do estado do Acre (Fonte: IBGE 2018).

Os dados foram ajustados à distribuição Gama, que segundo Araújo et al., (2001) e Bazame et al., (2018) é a mais utilizada para ajustar registros totais de chuva. De acordo com Passos et al., (2017), a distribuição Gama foi positivamente relatada em diversos estudos como uma distribuição de probabilidades confiável para a análise de precipitações totais. Os autores utilizaram-na para estimar a precipitação pluviométrica provável em diferentes níveis de probabilidades para o Município de Chapadinha-MA. Dallacort et al., (2011) utilizaram a distribuição Gama em estudo sobre a distribuição de

chuvas totais na cidade de Tangará da Serra, Mato Grosso, e relataram resultados favoráveis.

Os parâmetros da distribuição foram estimados por meio do método da máxima verossimilhança (Araújo et al., 2001, Barbieri et al., 2019). A partir daí foram determinados, em diferentes níveis de probabilidade, a precipitação pluviométrica provável para a cidade de Cruzeiro do Sul. Conforme descrito por Araújo et al., (2001) e por Martins et al., (2010), a função acumulada de probabilidades da distribuição (FAP) da Gama é dada pela equação:

$$F(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)\beta^\alpha} \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} dx \quad (\text{Equação 1})$$

Na (Equação 1, α é o parâmetro de forma e β é o parâmetro de escala; e é a base do logaritmo neperiano; x representa o total de precipitação pluviométrica (mm); e $\Gamma(\alpha)$ é o símbolo da função Gama, definido segundo a função:

$$\Gamma(\alpha) = \sqrt{2\pi} \alpha^\alpha e^{-\alpha} \left(1 + \frac{1}{12\alpha} + \frac{1}{288\alpha^2} - \frac{139}{51840\alpha^3} \right) \quad (\text{Equação 2})$$

Conforme descrito por Araújo et al. (2001) e por Teixeira et al., (2013) os parâmetros que propiciam a distribuição Gama acumulada, estimados pelo método da máxima verossimilhança são determinados pelas equações a seguir:

$$\beta = \frac{\bar{x}}{\alpha} \quad \text{e} \quad \alpha = \frac{1}{4A} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \quad (\text{Equação 3})$$

Sendo:

$$A = \ln(\bar{X}) - X_g \quad (\text{Equação 4})$$

em que \bar{X} representa a média aritmética da série de observações, X_g a média geométrica e N representa a quantidade de elementos da série histórica em teste.

A aderência de ajuste dos dados à distribuição Gama foi verificada por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov (teste KS), ao nível de significância 5%, conforme descrito por Silva (2015) e por Moreira et al., (2016).

Finalmente, foram determinados o quantis de precipitação pluviométrica provável associados aos níveis de probabilidade 5, 10, 25, 40, 50, 60, 75, 90 e 95%. Salienta-se que, por exigir demasiado esforço e complexa rotina, os cálculos foram efetuados por

meio de softwares estatísticos concebidos para esse fim, tais como os pacotes inseridos no software livre R, além do também livre ALEA (Lima et al., 2015, R Core Team, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A (Tabela 3) apresenta um resumo descritivo atinente à precipitação pluviométrica total, mensal e anual, registrada na cidade de Cruzeiro do Sul, Acre, para o período compreendido entre os anos de 1970 e 2019.

Tabela 3: Resumo descritivo das observações de precipitação pluviométrica total mensal e anual registradas em Cruzeiro do Sul, Acre, no período de 1970 a 2019; parâmetros estimados α (forma) e β (escala) da distribuição Gama e estatística de teste e p-valor referentes ao teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov referentes aos dados em análise.

Mês	Média (mm)	Mínima (mm)	Máxima (mm)	CV (%)	α (forma)	β (escala)	Teste KS	
							D _{calc}	p-valor
Janeiro	246,20	75,50	484,00	35,87	7,12	34,57	0,10	0,69 ^{NS}
Fevereiro	246,20	61,80	454,80	35,71	6,78	36,31	0,09	0,85 ^{NS}
Março	273,90	40,80	448,50	35,94	6,41	42,71	0,11	0,62 ^{NS}
Abril	216,40	59,80	448,70	38,48	6,37	33,95	0,11	0,55 ^{NS}
Maiο	148,40	42,20	308,00	43,24	5,16	28,72	0,11	0,61 ^{NS}
Junho	88,33	1,20	219,20	54,68	2,68	33,01	0,09	0,82 ^{NS}
Julho	70,26	4,20	230,90	71,65	1,87	37,63	0,08	0,83 ^{NS}
Agosto	77,28	10,50	194,70	46,62	4,24	18,21	0,11	0,56 ^{NS}
Setembro	122,90	30,20	340,30	54,79	3,31	37,05	0,10	0,69 ^{NS}
Outubro	196,70	62,60	508,70	47,49	5,26	37,39	0,15	0,20 ^{NS}
Novembro	210,20	54,80	480,20	44,38	5,09	41,24	0,06	0,99 ^{NS}
Dezembro	240,30	99,00	438,10	32,38	9,49	25,31	0,09	0,81 ^{NS}
Anual	2.137,00	1.100,50	2.848,10	18,03	27,60	77,42	0,13	0,39 ^{NS}

CV = Coeficiente de Variação; NS = não significativo, ao nível de significância 5%.

Do resumo descritivo apresentado na (Tabela 3), observou-se que o mês de março apresentou maior valor médio de precipitação total mensal para o período em análise, enquanto o menor valor foi atribuído ao mês de julho, típico de um mês subseco, com precipitações superiores a 60 mm, construída a partir da classificação climática de Nimer (1979).

Verificou-se, ainda, que a precipitação total mensal registrada em Cruzeiro do Sul apresentou grande variabilidade, com coeficiente de variação compreendido no intervalo de 32,38% a 71,65%, sendo o maior valor observado no período seco (baixo valor médio de precipitação total mensal) enquanto o menor está associado ao período chuvoso. Muitas causas podem estar relacionadas à variabilidade verificada, incluídos os padrões de circulação atmosférica prevalecente na região amazônica, sujeitos a influência de perturbações tanto em escala regional quanto global. Tais perturbações afetam o regime hidrológico da região em sua escala temporal (Nobre et al., 2007; Nóbrega, 2014). Adicionalmente, outros processos como ENSO (El Niño – Oscilação Sul), ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul), AB (Alta da Bolívia) entre outros podem estar relacionados à variabilidade verificada, uma vez que o estudo proposto por Santos et al., (2013) apresentou como parte de suas conclusões que tais fenômenos influenciam o regime pluviométrico da Amazônia, que engloba a região em estudo. Além disso, verificou-se que a cidade de Cruzeiro do Sul apresentou valor médio da precipitação total anual de 2.137 mm para o período em destaque.

Os valores descritivos expõem, adicionalmente, que a localidade em estudo possui um padrão de chuvas definido em dois períodos bem destacados: um período subseco, segundo a classificação climática de Nimer (1979), compreendido entre os meses de maio a setembro com destaque para os meses de julho e agosto, que apresentaram os menores valores médios de precipitação pluviométrica (Tabela 3); e um período notadamente chuvoso, destacado de outubro a abril. Tal verificação ratifica as características apresentadas por Moreira et al., (2016), cujo estudo também analisou o regime pluviométrico na cidade de Cruzeiro Sul, porém, com objetivo diferente do que proporciona este trabalho.

Em relação ao período de maior e menor concentração das chuvas, as conclusões apresentadas no estudo realizado por Silva et al., (2019), apontam que o regime pluviométrico da região que abrange o município de Goiana, no estado de Pernambuco, é diferente dos resultados encontrados no presente estudo. O referido trabalho apresentou, como parte de suas conclusões, que o mês de junho é o mais chuvoso enquanto o mês de

novembro é o que apresenta menor volume de chuvas. Já o estudo conduzido por Bezerra et al., (2010), obteve conclusões semelhantes ao presente estudo no regime de precipitação pluvial registrado em Porto Velho. As ponderações revelam a importância de estudos em escala regional frente ao planejamento das atividades impactadas pelo regime pluviométrico, especialmente nos projetos voltados ao setor agrícola, haja visto as particularidades de cada cultura e região.

A (Tabela 3) apresenta, também, os parâmetros estimados da distribuição Gama (α e β), além dos resultados atinentes ao teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov (teste KS). Os resultados provenientes do teste KS foram suficientes para concluir que a distribuição Gama se ajustou adequadamente aos registros pluviométricos observados, tanto mensais como anuais, já que o p-valor associado a cada valor calculado da estatística de teste mostrou-se superior ao nível de significância adotado (5%). Tal conclusão assemelha à que foi apresentada no estudo proposto por Silva et al., (2019), onde atestam que referida distribuição pode, portanto, ser utilizada, para estimar quantis de precipitação pluviométrica provável.

Já em relação aos parâmetros de forma (α) e escala (β), estimados pelo método da máxima verossimilhança, mostraram-se adequados aos dados pluviométricos analisados, tanto em interstícios mensal quanto anual, dado que nenhum dos valores estimados para o parâmetro de escala foi superior a 100, cuja condição recomenda a utilização da distribuição Gama para a determinação de valores prováveis de precipitação, sendo relatada em vários trabalhos neste sentido (Araújo et al., 2001, Martins et al., 2010, Silva et al., 2019). Já em relação ao parâmetro de forma, Silva et al., (2019) destacam que ele não deve ultrapassar o valor de 10. Assim, os valores estimados a partir das observações pluviométricas analisadas comportaram-se inferiormente ao valor limitante e, portanto, mantém-se a distribuição em destaque como adequada à estimativa de valores prováveis de precipitação na cidade de Cruzeiro do Sul.

Verificou-se, no presente estudo, que a variação interanual dos valores da precipitação total mensal registrados em Cruzeiro do Sul, representada na (Tabela 3) pelo coeficiente de variação (CV), é maior para os meses em que o parâmetro de forma (α) apresenta seus menores valores. O intervalo é coincidente com período seco, em que se concentram os menores valores médios dos registros pluviométricos mensais.

O estudo realizado por Martins et al., (2010) apresentou conclusão inversa à do presente estudo no tocante a relação entre a variação interanual e o parâmetro de forma.

Entretanto, as conclusões de ambos convergem ao indicativo de que o referido parâmetro pode ser utilizado na determinação dos períodos regulares de precipitação.

Na (Tabela 4) estão elencados os valores de precipitação pluviométrica mensal e anual provável, em diferentes níveis de probabilidade, estimados para a cidade de Cruzeiro do Sul segundo a distribuição Gama.

Os resultados apresentados permitem destacar que, em geral, os valores médios de precipitação total, tanto mensal quanto anual, gravados para a cidade de Cruzeiro do Sul durante o período destacado, equivalem a valores estimados incluídos no intervalo entre os níveis de 25% e 40% de probabilidade (Tabela 4). Tal particularidade é observada em muitos estudos relacionados à precipitação pluviométrica provável para diferentes regiões e/ou contextos hidrológicos (Martins et al., 2010, Passos et al., 2017). Por outro lado, há relatos de que os registros médios se encontram em intervalo de níveis de probabilidade diferente do que foi verificado neste estudo, porém, não muito distante, a exemplo do que foi verificado por Silva et al., (2013), cujo estudo objetivou a distribuição de chuva na cidade de Sapezal, no Estado do Mato Grosso.

Os valores de precipitação pluviométrica prováveis, tais como expressos na (Tabela 4), são elementos importantes para subsidiar o planejamento racional de atividades que dependem dessa variável hidrológica, a exemplo da atividade agrícola. Visto que a região em estudo tem potencial para cultura da mandioca (Brito et al., 2019), os valores prováveis de chuva com certa margem de confiança favorecem a tomada de decisões mais confiáveis tanto no âmbito do planejamento agrícola tanto para as mais diversas áreas do conhecimento.

Ressalta-se, todavia, que as alterações climáticas (em escala global e/ou regional) que já se aproximam do consenso tanto no meio científico quanto em outras organizações, e seus impactos já são influentes sobre a Amazônia. Com isso, o regime pluviométrico da região em estudo pode sofrer alterações em seus padrões e, conseqüentemente, os valores estimados, visto que os processos hidrológicos, especialmente o regime de chuvas, são bastante sensíveis às alterações climáticas (Moreira et al., 2019; Marengo e Souza Júnior, 2018).

Tabela 4: Precipitação pluviométrica provável mensal e anual para a cidade de Cruzeiro do Sul, Acre, em diferentes níveis de probabilidade, estimados segundo a distribuição de probabilidades Gama.

Mês	Precipitação pluviométrica provável (mm)								
	5%	10%	25%	40%	50%	60%	75%	90%	95%
Janeiro	414,86	369,28	300,57	258,20	234,73	212,74	179,33	137,79	116,43
Fevereiro	419,47	372,45	301,73	258,24	234,20	211,70	177,63	135,43	113,85
Março	472,53	418,34	337,06	287,23	259,76	234,10	195,34	147,59	123,30
Abril	373,90	330,92	266,46	226,96	205,18	184,85	154,15	116,35	97,14
Maiο	269,50	235,79	185,75	155,47	138,94	123,64	100,79	73,26	59,59
Junho	191,62	160,67	116,43	90,96	77,58	65,61	48,62	29,94	21,65
Julho	170,35	138,89	95,02	70,63	58,19	47,33	32,53	17,47	11,42
Agosto	147,48	127,54	98,24	80,74	71,29	62,61	49,82	34,75	27,47
Setembro	250,67	213,37	159,33	127,65	110,78	95,48	73,35	48,14	36,46
Outubro	335,73	311,55	245,92	206,17	184,44	164,31	134,23	97,9	79,84
Novembro	383,01	334,85	263,39	220,20	196,64	174,82	142,30	103,15	83,76
Dezembro	381,27	344,07	287,31	251,79	231,90	213,08	184,13	147,31	127,91
Anual	2.847,02	2.671,97	2.395,46	2.215,18	2.111,20	2.010,53	1.850,39	1.635,06	1.514,73

CONCLUSÕES

O estudo contemplou resultados satisfatórios, capazes de promover uma discussão conveniente e, como implicação, oportunizou as seguintes conclusões:

- O modelo de probabilidade Gama ajustou-se adequadamente aos dados de precipitação pluviométrica total mensal e anual, computados para a cidade de Cruzeiro do Sul, Acre;
- A região em estudo apresenta padrão de chuvas definido em dois períodos bem destacados: um período subseco, compreendido entre os meses de maio e setembro, destacando-se os meses de julho e agosto, além de um período notadamente chuvoso, destacado no período de outubro a abril;
- Os valores médios de precipitação total, tanto mensal quanto anual, registrados na cidade de Cruzeiro do Sul, durante o período de 1970 a 2019, equivalem a valores estimados incluídos no intervalo entre níveis de 25% e 40% de probabilidade.

As conclusões obtidas estão de acordo com os objetivos que justificam a pesquisa e servirão de base para novas pesquisas na região, bem como de ferramentas de auxílio à decisão, especialmente àquelas voltadas à atividade agrícola, que dependem de valores estimados da precipitação pluviométrica.

É importante ressaltar que, mesmo obtendo resultados favoráveis, não se pretende findar a discussão ora exibida, mas avaliar hipóteses sobre o comportamento dos fenômenos que atuam na região, além de subsidiar pesquisas futuras em regiões semelhantes ou até mesmo naquelas com características distintas, mas cuja metodologia seja adequada.

REFERÊNCIAS

ABREU, M. C.; CECILIO, R. A.; PRUSKI, F. F.; SANTOS, G. R.; ALMEIDA, L. T.; ZANETTI, S. S. Critérios para escolha de distribuições de probabilidades em estudos de eventos extremos de precipitação. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, n. 4, p. 601-613, p. 2018.

ARAI, F. K.; GONÇALVES, G. G. G.; PEREIRA, S. B.; PEIXOTO, P. P. P. Estudo do comportamento pluvial na região de Dourados, MS. **Revista Agrarian**, v. 2, n. 6, p. 105-112, 2009.

ARAÚJO, W. F.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; MEDEIROS, R. D.; SAMPAIO, R. A. Precipitação pluviométrica mensal provável em Boa Vista, Estado de Roraima, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 3, p. 563-567, 2001.

BAPTISTA, M. B.; COELHO, M. M. L. P. **Fundamentos de engenharia hidráulica**. Belo Horizonte: UFMG, 2010, 473p. 7, n. 2, p. 20-30, 2018.

BARBIERI, J. D.; DALLACORT, R.; FREITAS, P. S. L.; ARAÚJO, D. V.; TIEPPO, R. F.; FENNER, W. Effects of the ENSO on variability of precipitation and air temperature in agricultural regions of Mato Grosso State. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 9, p. 91-102, 2019.

BAZAME, H. C.; ALTHOFT, D.; FILGUEIRAS, R.; ALVES, E. S. Rainfall spatio-temporal distribution of Western Bahia. **Water Resources and Irrigation Management**, v. 7, n.2-3, p.20-30, 2018.

BERMUDEZ, V. A. B.; ABILGOS, A. B. B.; CUARESMA, D. C. N.; RABAJANTE, J. F. Probability Distribution of Philippine Daily Rainfall Data. **Preprints**, v. 1, 1-15, 2017.

BEZERRA, R. B.; DANTAS, R. T.; TRINDADE, A. G. Caracterização temporal da precipitação pluvial do município de Porto Velho/RO no período de 1945 a 2003. **Revista Sociedade & Natureza**, v. 22, n. 3, p. 609-623, 2010.

BORTOLUZZI, D. D.; PRADO, G.; HARA, A. T.; SOUZA, A. C. S. Precipitação mensal provável no noroeste do Paraná. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 13, n. 2, p. 3314-3326, 2019.

BRITO, R. S.; BRITO, RYCHAELLEN S.; MOREIRA, J. G. V.; OLIVEIRA, A. V. Produtividade de mandioca na região do Vale do Juruá, Amazônia Ocidental. **Scientia Naturalis**, v. 1, n.1, p. 1-9, 2019.

COSTA, K. T.; FERNANDES, W. S. Avaliação do tipo de distribuição de probabilidades das vazões máximas diárias anuais no Brasil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, n. 2, p. 442-451, 2015.

DALLACORT, R.; MARTINS, J. A.; INOUE, M. H.; FREITAS, P. S. L.; COLETTI, A. J. Distribuição das chuvas no município de Tangará da Serra, médio norte do Estado de Mato Grosso, Brasil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, n. 2, p. 193-200, 2011.

FLORES, P. S. **Cultivares de mandioca para a produção de farinha no estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Clima do Brasil**. 1:500.000. Atualização em 12 de junho de 2018, 2018. Disponível em: http://www.dados.gov.br/dataset/cren_climadobrasil_5000. Acesso em: 15 mai. 2020.

LIMA, F. N.; NAGHETTINI, M.; ESPÓSITO, T. Avaliação da probabilidade de galgamento de barragem da PCH de Cajuru por simulação de Monte Carlo. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, n. 3, p. 722-730, 2015.

MARENGO, J. A.; SOUZA JÚNIOR, C. **Mudanças Climáticas: impactos e cenários para a Amazônia**. São Paulo: ALANA, 2018.

MARTINS, J. A.; DALLACORT, R.; INOUE, M. H.; SANTI, A.; KOLLING, E. M.; COLETTI, A. J. Probabilidade de precipitação pluviométrica para a microrregião de Tangará da Serra, Estado do Mato Grosso. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 3, p. 291-296, 2010.

MOREIRA, J. G. V.; CRAVEIRO, R. L.; SERRANO, R. O. P.; FORMOLO, A. K. Temporal trend and frequency of maximum precipitations in Cruzeiro do Sul, Acre, Brazil. **Nativa**, v. 4, n. 2, p. 97-102, 2016.

MOREIRA, J. G. V.; AQUINO, A. P. V.; MESQUITA, A. A.; MUNIZ, M. A.; SERRANO, R. O. P. Stationarity in annual daily maximum streamflow series in the upper Juruá River, western Amazon. **Revista Brasileira de Geografia física**, v. 12, n. 12, p. 705-713, 2019.

MIGUEZ, M. G.; DI GREGÓRIO, L. T.; VERÓL, A. P. **Gestão de riscos e desastres hidrológicos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

MORETO, V. B.; APARECIDO, L. E. O.; ROLIM, G. S.; MORAES, J. R. S. C. Agrometeorological models for estimating sweet cassava yield. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48, n. 1, p. 43-51, 2018.

NIMER, E. Um modelo metodológico da classificação de climas. **Revista Brasileira de Geografia - IBGE**, v. 41, n. 4, p. 59-89, 1979.

NOBRE, C. A.; SAMPAIO, G.; SALAZAR, L. Mudanças climáticas e Amazônia. **Ciência e Cultura**, v. 59, n. 3, p. 22-27, 2007.

NÓBREGA, R. S. Impactos do desmatamento e de mudanças climáticas nos recursos hídricos na Amazônia ocidental utilizando o modelo SLURP. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, n. esp., p. 111-120, 2014.

OLIVEIRA, L. F. C.; FIOREZE, A. P.; MEDEIROS, A. M. M.; SILVA, M. A. S. Comparação de metodologias de preenchimento de falhas de series históricas de precipitação puvial anual. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 11, p. 1186-1192, 2010.

PASSOS, M. L. V.; RAPOSO, A. B.; MENDES, T. J. Estimativa da distribuição da precipitação pluviométrica provável em diferentes níveis de probabilidade de ocorrência. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 1, p. 1106-1115, 2017.

PIZZATO, J. A.; DALLACORT, R.; TIEPPO, R. C.; MODOLO, A. J.; CREMON, C.; MOREIRA, P. S. P. Distribuição e probabilidade de ocorrência de precipitação em Cáceres (MT). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 2, p. 137-142, 2012.

SANTOS, D. C.; MEDEIROS, R. M.; CORREIA SANTOS, D.; BRITO, J. I. B. Variabilidade climática de regiões

pluviometricamente homogêneas na Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 4, p. 903-918, 2013.

SANTOS, V. C.; BLANCO, C.; JÚNIOR, J. F. O. Distribution of rainfall probability in the Tapajos River Basin, Amazonia, Brazil. **Ambiente & Água**, v. 14, n. 3, 1-21, 2019.

SILVA, I. N. Precipitação provável para a região Centro-Sul do Ceará, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 3, p. 751-758, 2015.

SILVA, R. S.; ZAVISLAK, F. D.; DALLACORT, R.; CARVALHO, M. A. C.; ARAÚJO, D. V. Distribuição de probabilidade de chuva no município de Sapezal, MT. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, p. 1112-1122, 2013.

SILVA, E. G. F. A.; POLYCARPO, J. S. M.; MELO, R. F.; MOUSINHO, F. H. G.; OLIVEIRA FILHO, J. E.; CORREA, M. M. Determinação de precipitação provável mensal para o município de Goiana-PE. **Revista GEAMA**, v. 5, n. 1, p. 41-46, 2019.

SOMAN, S.; BYJU, G.; SREEKUMAR, J. Projected changes in mean temperature and total precipitation and climate suitability of cassava (*Manihot esculenta*) in major growing environments of India. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v. 86, n. 5, p. 647-653, 2016.

SOUZA, L. D.; SOUZA, L. S.; GOMES, J. C. Exigências edáficas da cultura da mandioca. In: SOUZA, L. S.; FARIAS, A. R. N.; MATTOS, P. L. P.; FUKUDA, W. M. G. (Ed.). **Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2006, p. 170-214.

SOUZA, L. P.; FARIAS, O. S.; MOREIRA, J. G. V.; GOMES, F. A.; FRADE JÚNIOR, E. F. Comparação de métodos de evapotranspiração de referência para o município de Cruzeiro do Sul-Acre. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 12, p. 1-8, 2011.

SOUZA, D. O.; OLIVEIRA, F. G.; CASTRO, I. L.; SOARES, J. B. S.; REIS, M. M.; FIGUEIREDO, F. P. Frequência de ocorrência de precipitação pluviométrica em Montes Claros-MG. **Revista Agrarian**, v. 11, n. 42, p. 337-342, 2018.

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Founation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. 2019.

TEIXEIRA, C. F. A.; DAMÉ, R. C. F.; BACELAR, L. C. S.; SILVA, G. M.; COUTO, R. S. Intensidade da seca utilizando índices de precipitação. **Ambiente & Água**, v. 8, n. 3, p. 203-213, 2013.

CAPÍTULO IV – VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO E RELAÇÃO COM A PRODUTIVIDADE DE MANDIOCA (*Manihot Esculenta*) NA CIDADE DE CRUZEIRO DO SUL, ACRE

O Capítulo IV está em fase de preparação em forma de artigo completo e será submetido em revista especializado, a decidir, conforme ANEXO IV – Artigo a ser submetido.

**VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO E RELAÇÃO COM A
PRODUTIVIDADE DE MANDIOCA (*Manihot Esculenta*) NA CIDADE DE
CRUZEIRO DO SUL, ACRE**

RESUMO

O presente estudo objetivou analisar a relação existente entre a variabilidade pluviométrica e a produtividade de mandioca no município de Cruzeiro do Sul-Acre, inserido na regional Vale do Juruá, levando em consideração o regime de chuvas como insumo essencial para a agricultura. Os resultados evidenciam que a produtividade da mandioca verificada nos anos avaliados registra poucas variações significativas, cujo o destaque é dado a partir do ano de 2010, quando a produtividade chegou a superar 20 o valor de t.ha⁻¹. Em contrapartida, foi a partir do ano de 2013 que verificou os maiores valores de produção. O ano de 2015 destacou-se com uma produtividade que atingiu 32,3 t.ha⁻¹. As técnicas descritivas permitiram verificar, ainda, que não necessariamente no ano que ocorreu a maior produtividade houve o maior índice de precipitação pluviométrica. Os resultados evidenciaram que para o incremento de 1 mm de precipitação pluviométrica estima-se crescimento de 0,0043 t.ha⁻¹ para a produtividade de mandioca, na cidade de Cruzeiro do Sul.

Palavras-chave: Variabilidade. Precipitação pluviométrica. Práticas culturais.

**PRECIPITATION VARIABILITY AND ITS RELATIONSHIP WITH CASSAVA
(*Manihot esculenta*) PRODUCTIVITY IN THE CITY OF CRUZEIRO DO SUL,
ACRE, BRAZIL**

ABSTRACT

The present study aimed to analyze the relationship between rainfall variability and cassava yields in the municipality of Cruzeiro do Sul, Acre, which is located in the Juruá Valley region, taking into account the rainfall regime as an essential element for agriculture. The results show that the productivity of cassava verified in the years evaluated shows few significant variations, highlighting the period from the year 2010, when productivity reached 20 t.ha⁻¹. On the other hand, it was from 2013 that there were verified the highest production values. The year 2015 stood out with a productivity that reached 32.3 t.ha⁻¹. The descriptive techniques also allowed to verify that not necessarily

in the year that the highest productivity occurred, there was the highest rainfall index. The results showed that for the increase of 1 mm of rainfall, an estimated growth of 0.0043 t.ha⁻¹ for cassava yields can be observed in the city of Cruzeiro do Sul.

Keywords: Variability; Rainfall; Cultural practices.

INTRODUÇÃO

Já é quase consenso que as mudanças climáticas influenciam na maioria das atividades humanas, especialmente aquelas que ocorrem no campo das relações entre a sociedade e a natureza. Nesse sentido, destacam-se as atividades agrícolas, pois expressam maior vulnerabilidade às variações da dinâmica pluviométrica (SANTOS et al., 2017). Assim, a agricultura atua como um dos segmentos de maior importância na cadeia produtiva, sendo uma das atividades que mais depende das condições naturais, necessariamente do clima e do solo, pois vão controlar o crescimento e o desenvolvimento das plantas (SILVA et al., 2008).

Para Back e Cadorin (2020), um elemento-chave é a precipitação que tem o potencial de impactar notavelmente na disponibilidade de água para a agricultura, indústria e uso doméstico. O regime de precipitação atua como a principal característica climática para a agricultura, especialmente em regiões tropicais, em contraste com regiões temperadas. (OLIVEIRA et al., 2000). A época adequada para o plantio de uma dada cultura está espontaneamente condicionada a regime de chuvas de uma apurada região e a sua fertilidade do solo.

Quanto maior for o conhecimento das condições ambientais prevalentes em uma dada região, mais hábil se estará para realizar a seleção de culturas mais adequadas, das melhores épocas para plantio/semeadura, dos sistemas de cultivo mais racionais, das melhores variedades, buscando consecutivamente uma agricultura mais produtiva (SILVA et al., 2008).

As relações entre o clima e a produção agrícola tem por finalidade explicar a influência das implicações climáticas em nosso meio, e fornecendo subsídios ao planejamento rural (CORAL, et al. 2005).

No planejamento agrícola, as variáveis associadas ao clima são fundamentais, seja em macro ou microescala, já que é o elemento de controle mais complexo, manejo e

gerenciamento, em território como o Brasil de características tropicais. Assim, torna-se imprescindível estudos para o ritmo climático (precipitação pluvial) para então direcionar as atividades agrícolas (MARIANO 1997).

A cultura da mandioca é amplamente cultivada no Brasil, de norte a sul, por se tratar de uma cultura explorada, em sua maior parte, pelos pequenos produtores. A região Norte está destacada como a maior produtora da cultura do Brasil desde a década de 2010, em termos quantitativos (produção em toneladas), batendo a produção da região Nordeste, que era maior produtora anteriormente, tanto em quantidade produzida quanto em área plantada (MODESTO JUNIOR, ALVES, SILVA, 2016). O principal estado produtor de mandioca do Brasil é o Pará, que admite o topo em relação ao volume produzido em toneladas.

Dessa forma, é importante analisar o papel das variáveis pluviais e sua relação com a produção agrícola, destacando-se, no presente estudo, a cultura da mandioca (*Manihot esculenta*). De acordo com Silva et al. (2021), o regime pluviométrico impacta fortemente na produtividade agrícola e, conseqüentemente, nos aspectos sociais, econômicos e políticos inerentes ao processo de produção.

A mandioca compõe vários derivados que constituem a base alimentar dos pequenos agricultores de Cruzeiro do Sul, Acre. Esse é o alimento mais consumido na região em questão, seja na forma de farinha, beléu (bolo de mandioca puba), tapioca (feita com a fécula da mandioca), beijú (feito com a massa da mandioca), bolinho de macaxeira, ou apenas a mandioca cozida na mesa. Em especial, os agricultores fazem o consumo da mandioca e seus derivados todos os dias (CARVALHO, 2013).

A produção de mandioca, no início do século XXI, tem sido praticada pelos agricultores que vivem na Regional Juruá, onde está a cidade de Cruzeiro do Sul. A referida região passou a ser considerada localmente como uma “monocultura de mandioca”, mesmo que seja produzida por meio de uma economia familiar e cultivada em lotes separados. Estima-se que em 2010, pelo menos 10 mil famílias estariam envolvidas com a produção dessa cultura em especial na produção de farinha de mandioca em todo o Vale do Juruá (CARVALHO, 2016).

Desta forma o objetivo do presente estudo foi analisar a relação existente entre a variabilidade pluviométrica e a produtividade de mandioca no município de Cruzeiro do Sul-Acre, inserido na regional Vale do Juruá, levando em consideração o regime pluviométrico como insumo essencial para a agricultura.

MATERIAL E MÉTODOS

Para investigar a relação da produtividade agrícola da cultura da mandioca com a variabilidade da precipitação, o presente estudo foi realizado na cidade de Cruzeiro do Sul, Acre.

O clima predominante na região estudada é classificado, por Koppen, como equatorial quente e úmido (Af), e média anual da temperatura em torno de 24,5°C (MOREIRA *et al.*, 2019). A cidade em estudo faz parte da mesorregião Vale do Juruá, localizada na parte oeste do estado do Acre e da Amazônia brasileira e tem Cruzeiro do Sul como principal cidade (SILVA *et al.*, 2020).

De acordo com Silva *et al.* (2021), a classificação climática de Nimer (1979), destaca a influência da temperatura e da umidade na diversidade climática da região. Dessa forma, a região é destacada com o tipo climático equatorial quente, com média diária de temperatura superior a 18 °C em todos os meses, e com distribuição de umidade do tipo super úmido a subseco (Figura 8).

Além disso, Silva *et al.* (2021) evidenciam que a região é dividida em dois períodos: um mais seco (maio a setembro) e um período notadamente chuvoso (outubro a abril). Segundo os autores, a precipitação média anual verificada na região é próxima de 2.000 mm, enquanto a mensal é superior a 60 mm, mesmo no período mais seco. Dessa forma, observa-se que as três zonas de classificação de umidade identificadas na classificação de Nimer (1979), a região de Cruzeiro do Sul se destaca por apresentar maior distribuição de umidade, o que pode favorecer à cultura da mandioca, que depende diretamente dessa variável (SILVA *et al.*, 2020).

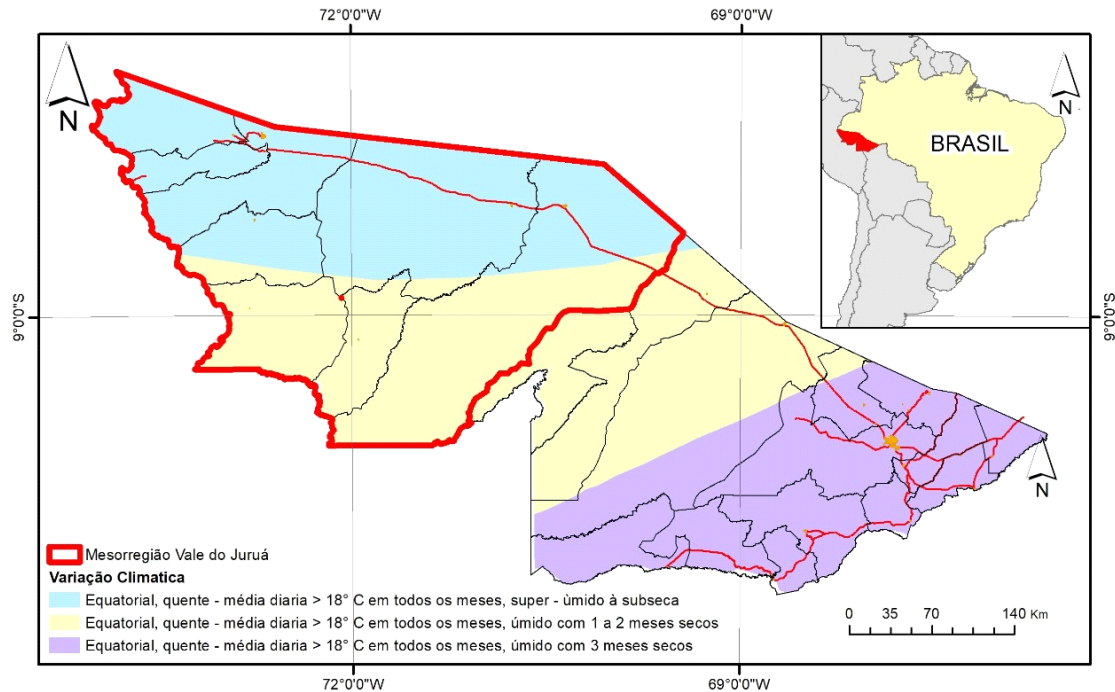


Figura 8: Localização da Mesorregião Vale do Juruá onde está inserido a cidade de Cruzeiro do sul, e variação climática ao longo do estado do Acre. (Fonte: SILVA et al., 2020).

Foram utilizados os dados de precipitação pluviométrica total mensal e anual, observados na cidade de Cruzeiro do Sul, no período de 1993 a 2018, gravados na estação meteorológica 82704 (7°38'S; 72°40'W, em *datum* WGS84), operada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (SOUZA et al. 2011, MOREIRA et al. 2019).

Além disso foram utilizados dados de produtividade da cultura da mandioca, cedidos pelo banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE, através do Sistema de Recuperação Automática (SIDRA), referentes a região para o período compreendido entre os anos de 1993 e 2018. Observa-se que os dados utilizados coincidem com período considerado para a precipitação, para fins de ajuste ao estudo de regressão entre as variáveis.

A análise dos dados foi feita a partir de técnicas da Estatística Descritiva que, segundo Lobato et al. (2018), são importantes instrumentos de apoio à tomada de decisão.

Os dados foram submetidos, ainda, a um estudo inferencial por meio da análise de regressão linear simples, cujo modelo estimado e a verificação dos pressupostos basais (linearidade, independência, normalidade e homocedasticidade em relação aos resíduos) foram verificados conforme procedimentos metodológicos apresentados em Perlin

(2018). Os cálculos envolvidos nos testes foram realizados por meio de bibliotecas do Software Livre R, ao nível de significância 5% (PERLIN, 2018; RAMOS et al., 2019).

RESULTADO E DISCUSSÃO

O município de Cruzeiro do Sul apresentou grande variabilidade no decorrer dos anos avaliados, tanto para os dados de precipitação quanto para a produtividade da cultura da mandioca. É possível verificar que no ano de 1993 tem-se o menor valor de produtividade, enquanto a precipitação pluviométrica registrada naquele ano se aproxima do valor da precipitação média calculada para o período analisado (Figura 9). A partir do ano de 1995, verificou-se que os valores registrados de precipitação pluviométrica se distanciam do valor médio (para mais ou para menos). Tal verificação explicita a variabilidade no regime de chuvas presente na região, conforme relatado por Silva et al. (2021).

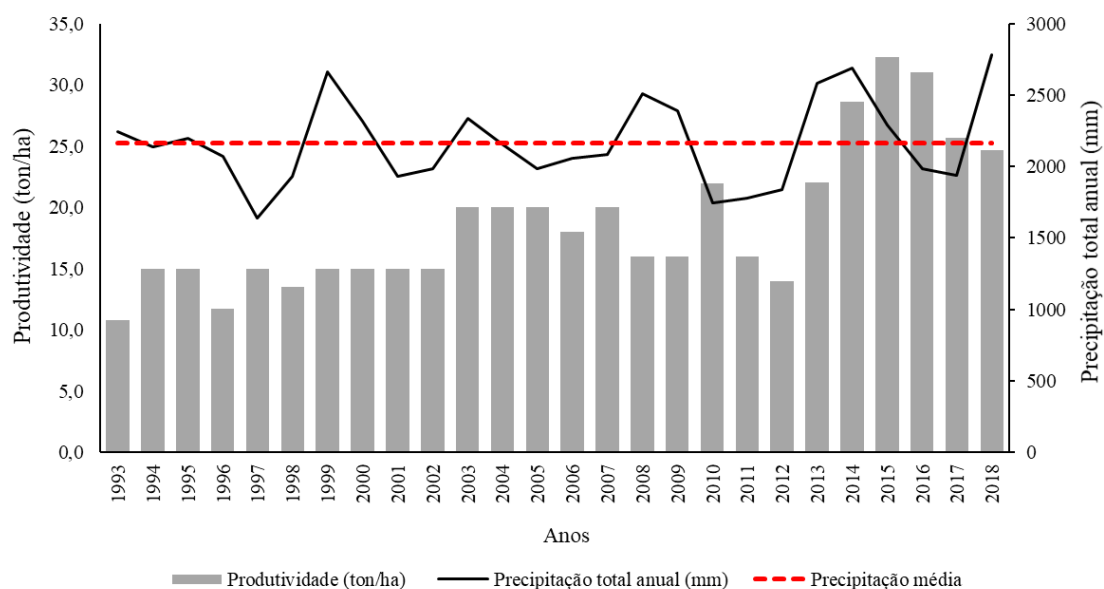


Figura 9: Variabilidade Pluviométrica e a produtividade ($t \cdot ha^{-1}$) da cultura da mandioca no município de Cruzeiro do Sul-Acre, no período 1993 a 2018.

Em relação aos de produtividade de mandioca, é possível verificar que até o ano de 2012 não ocorreram variações significativas nos registros avaliados. Nesse período (1993 a 2012), o destaque é dado ao ano de 2010, cuja produtividade superou o valor de $20 t \cdot ha^{-1}$ (Figura 9).

Apesar de alguns anos em que o índice de precipitação pluviométrica ocorreu aumento de um ano para o outro, a produção de mandioca não seguiu a mesma tendência no mesmo período. Tal fato pode ser explicado pela adoção de práticas culturais utilizadas nesse período como espaçamento, capina, manivas de boa qualidade, falta de umidade durante os primeiros meses após plantio, assim como excesso em solos mal drenados, época de plantio fator de extrema importância. Tal verificação encontra amparo no estudo conduzido por Nobrega et al., (2015) que, apesar de cultura diferente, apresenta conclusões semelhantes. Os autores analisaram a relação agrícola entre a precipitação pluviométrica e a cultura do feijão e concluíram que tal relação sofre influência de diversos fatores: veranicos, aração do solo, distribuição de sementes, agentes patológicos (pragas e doenças), incentivos financeiros, capacitação, tanto como apoio e incentivos governamentais (municipal, estadual e federal).

Isso evidencia que o presente estudo abre precedentes à análise da relação entre a precipitação pluviométrica e a produtividade agrícola na região de Cruzeiro do Sul, levantando hipóteses e necessidade de estudos futuros quanto a outros fatores e variáveis não incluídas.

Em contrapartida, foi a partir de 2013 que se verificou os maiores valores de produção para a cultura da mandioca em Cruzeiro do Sul. Entre os anos de 2013 e 2018, o município registrou os valores mais altos para a produtividades de mandioca, durante o período analisado. O ano de 2015 destacou-se com uma produtividade que atingiu 32,3 t.ha⁻¹. No entanto, no âmbito da análise descritiva, não se constatou um padrão para a relação entre as variáveis em estudo, o que reforça a necessidade de estudos inferenciais voltados a analisar a relação de causa-efeito entre duas variáveis quantitativas contínuas, a exemplo da regressão linear.

As técnicas descritivas permitiram verificar, ainda, que não necessariamente no ano que ocorreu a maior produtividade houve o maior índice de precipitação pluviométrica. Ainda assim, é importante considerar os resultados obtidos por Santos et al. (2017), o qual considera que a análise da distribuição temporal da precipitação tem tornado cada vez mais necessária ao desenvolvimento de atividades agrícolas, já que assim permite o conhecimento não só de técnicas adequadas de cultivo, mas também das condições climáticas locais de cada região. Para tal, técnicas como a análise de regressão podem ser mais adequadas e induzir a conclusões mais racionais para a tomada de decisão.

O estudo inferencial da relação entre as variáveis estudadas mostrou baixa correlação (Figura 9). Todavia, a aplicação da regressão linear simples ainda se justifica, uma vez que os pressupostos básicos foram atendidos, bem como produziu ajuste que conduz a estimativas favoráveis à relação em estudo. Nesta conformidade, os resultados sugerem estudos futuros, a partir dos quais a produtividade seja posta em função da precipitação adicionada a outras variáveis, ou seja, aplicando-se técnicas da regressão linear múltipla.

Neste sentido, são convergentes as conclusões obtidas no estudo conduzido por Silva et al. (2020), que relata a capacidade produtiva da região em destaque para a cultura da mandioca, conferindo-lhe destaque nacional, mas cuja produtividade é influenciada tanto pelo avanço das técnicas de cultivo quanto ao conjunto de variáveis climáticas predominantes

De fato, as conclusões alinham-se àquelas produzidas por Pola et al. (2019), quando considera que, de modo geral e mesmo em região cujas condições climáticas são diferentes da área objeto deste estudo, a precipitação pluviométrica impacta positivamente a cultura da mandioca, mas seu impacto na produtividade é adicionado a outros fatores.

Quanto a relação entre as variáveis estudadas, a Figura 10 expõe o gráfico de regressão linear bem como a equação que modela tal comportamento. Nela, verifica-se tendências ascendente na produtividade à medida em que se impõe crescimento nos valores de precipitação pluviométrica. As condições elementares da técnica da regressão linear simples evidenciam que, ao incremento de 1 mm de precipitação pluviométrica estima-se crescimento de $0,0043 \text{ t.ha}^{-1}$ à produtividade de mandioca, na cidade de Cruzeiro do Sul.

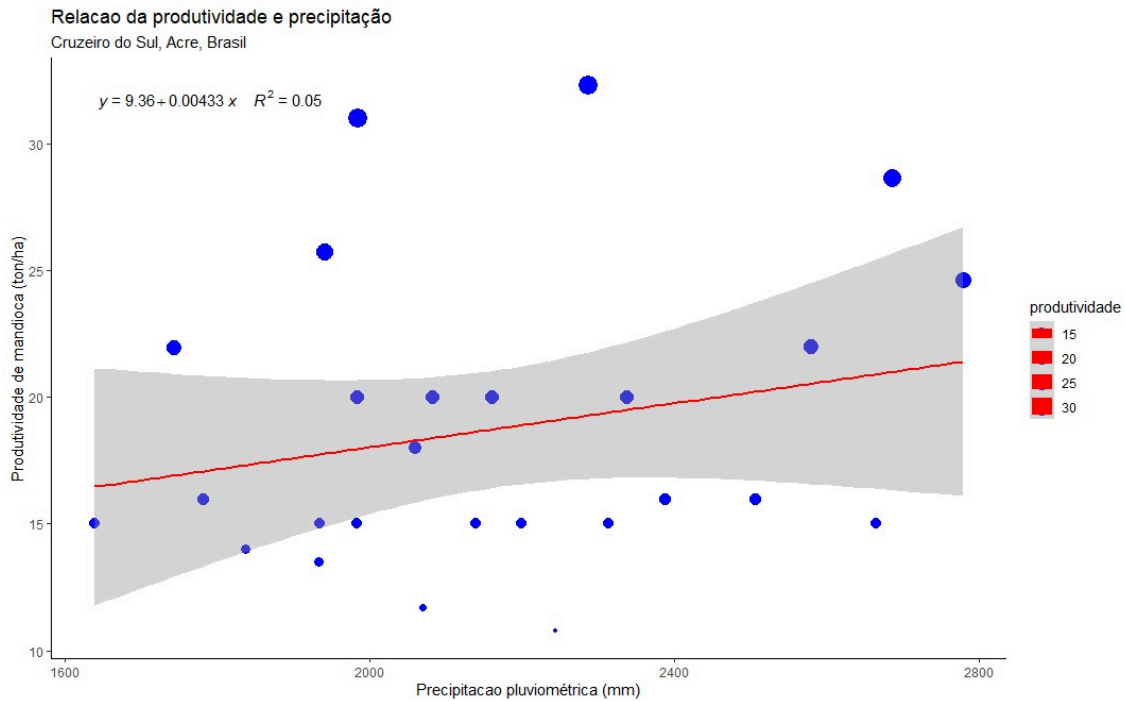


Figura 10: Correlação entre a produtividade e a precipitação pluviométrica da mandioca em Cruzeiro do Sul-Acre, no período 1993 a 2018.

Os resultados são congruentes com as conclusões apresentadas por Silva et al., (2020) onde demonstrou o comportamento temporal de valores de produtividade da cultura da mandioca na mesorregião Vale do Juruá, estado do Acre, da qual fazem parte: a Regional Juruá com os municípios de Cruzeiro do Sul e outros quatro municípios vizinhos. As equações que foram estimadas para os dados no período em estudo (1993 a 2018), em todos os casos foi verificado incremento ao longo do tempo, os valores variaram de 0,470 a 0,580 t.ha⁻¹ ao ano nas localidades avaliadas. Resultados parecidos foram encontrados também como parte das conclusões do trabalho apresentado por Brito et al. (2019), comprovando o potencial da região para a produtividade de mandioca, principalmente em comparação com a produtividade nacional.

CONCLUSÃO

Foi possível verificar que a partir do ano de 2013 se registrou os maiores valores de produtividade para a cultura da mandioca na cidade de Cruzeiro do Sul. Já no intervalo entre os anos de 2013 e 2018, o município registrou os mais altos valores para a

produtividades de mandioca, durante o período analisado. O ano de 2015 destacou-se com uma produtividade que atingiu 32,3 t.ha⁻¹.

Verificou-se, também, tendência ascendente na produtividade da cultura mediante crescimento nos valores de precipitação pluviométrica. Por meio da análise de regressão linear simples, evidenciou um incremento crescente de 0,0043 t.ha⁻¹ à produtividade de mandioca em função de 1 mm de chuva, na cidade de Cruzeiro do Sul.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à UFAC, ao IBGE, à CAPES ao CNPq pelo apoio à esta pesquisa.

REFERENCIAS

BACK, Á. J.; CADORIN, S. B. Chuvas extremas e equações intensidade-duração frequência para o estado do Acre. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v.55, n.2, p.159-170, 2020.

BRITO, R. S; BRITO, R. S; MOREIRA, J. G. V; OLIVEIRA, A. V. Produtividade de mandioca na região do Vale do Juruá Amazônia Ocidental. **Scientia Naturalis**, v.1, n.1, p.1-9, 2019.

CARVALHO, M. B. Articulações para o desenvolvimento na floresta: populações locais e políticas públicas em torno da natureza na microrregião de Cruzeiro do Sul, Acre. Tese (Doutorado em Antropologia Social) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2013.

CARVALHO, M. B. de. (2016). Conservação da agrobiodiversidade e desmatamento na Amazônia: os desafios da produção de farinha de mandioca na região de Cruzeiro do Sul, Acre. **Cadernos de campo**, São Paulo, n. 25, p. 176-199. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9133.v25i25p176-199>

CORAL, G; ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; IAFFE, A. Utilização de um modelo agrometeorológico na estimativa de produtividade da cultura da soja no estado do Paraná. **IN...** Anais do XIV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2005, Campinas, SP. Disponível em http://www.cpa.unicamp.br/producao/trabalhosem-anais-de-eventos/2005/EM087_Expandido.pdf/view.html. Acesso em 15/12/2007.

LOBATO, W. T. S.; ALMEIDA, G. M.; ALVES, K. N. A.; SOUZA, A. M. B.; LIMA, B. M.; LIMA, E. S. F.; SOUZA, A. A. S.; LIMA, M. J. A. Precipitação pluviométrica mensal e anual do município de Tracuateua, Pará. **Agroecossistemas**, v.10, n.2, p.255-272, 2018.

MARIANO, Z.F.; FREIRE. O. **Ritmo climático da região de Presidente Prudente e sua relação com as necessidades de água das principais culturas agrícolas.** In:

Boletim Climatológico. Universidade Estadual Paulista FCT-UNESP. Ano 2, n.03. Presidente Prudente. 1997.

MOREIRA, J. G. V.; AQUINO, A. P. V.; MESQUITA, A. A.; MUNIZ, M. A.; SERRANO, R. O. P. Stationarity in Annual Daily Maximum Streamflow Series in the Hydrographic Basin of the Upeer Jurá River, Western Amazon. **Revista Brasileira de Geografia Física**. V. 12, n. 2, p. 705-713, 2019.

MODESTO JÚNIOR, M. S.; ALVES, R. N. B. Cultura da mandioca: aspectos socioeconômicos, melhoramento genético, sistemas de cultivo, manejo de pragas e doenças e agroindústria. 2016. EMBRAPA, Brasília, DF. Disponível em: <https://www.embrapa.br/amazonia-oriental/publicacoes>.

NIMER, E. Um modelo metodológico da classificação de climas. **Revista Brasileira de Geografia - IBGE**, v. 41, n. 4, p. 59-89, 1979.

NÓBREGA, E. B.; MENEZES, H. E. A.; ARAÚJO, A. E.; NETO, F. A. C. Influência da precipitação na produção agrícola de milho e feijão (*Vigna Unguiculata* L. walp) no município de Livramento – PB, Brasil.

OLIVEIRA, A. D.; COSTA J. M. N.; LEITE, R. A.; SOARES P. C.; SOARES A. A. Probabilidade de chuvas e estimativas de épocas de semeadura para cultivares de arroz de sequeiro, em diferentes regiões do Estado de Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.8, n.2, p.295-309, 2000.

PERLIN, M. S.; **Processamento e análise de dados financeiros e econômicos com R**. São Paulo: Publicação Independente, 2018. 434p.

POLA, A. C.; MORETO, A. L.; NUNES, E. C. Efeitos da temperatura, precipitação pluviométrica e estiagens sobre parâmetros de produtividade da mandioca no litoral sul de Santa Catarina, Brasil. **Revista Agrária Acadêmica**, v.2, n.4, p.125-134, 2019.

RAMOS, M. M. A.; RAMOS, P. L.; NETO, F. L.; BARBA, P. C. S. D. Utilização do Software R em pesquisas na terapia ocupacional. **Cadernos Brasileiros de Terapia**

Ocupacional. V. 27, n. 1, p. 217-230, 2019. DOI: <https://doi.org/10.4322/2526-8910.ctoCB1625>

SANTOS, J. B.; OLIVEIRA, D. P. A.; LIMA, E. M. Influência da precipitação na produtividade da mandioca em Vitória da Conquista: aportes para o planejamento em sistemas de sequeiro. **Colóquio do Museu Pedagógico**, v.12, n.1, p.1267-1272, 2017.

SILVA, D. F.; PRELA-PANTANO, A.; NETO, J. L. S. A. Variabilidade da precipitação e produtividade agrícola na região do Médio Paranapanema, SP. **Revista brasileira de climatologia**, v.3, p.102-116, 2008.

SILVA, J. R. S.; MESQUITA, A. A.; SERRANO, R. O. P.; MOREIRA, J. G. V. Produtividade de mandioca na mesorregião Vale do Juruá, Acre, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, v.17, n.33, p.381-391, 2020.

SILVA, J. R. S.; TAVEIRA, M. K.; SERRANO, R. O. P.; MESQUITA, A. A.; MOREIRA, J. G. V. Probability of rainfall for the city of Cruzeiro do Sul, Acre, Brazil. **Revista Ambiente e Água**, vol.16, n.1, p.1-12, 2021.

CONCLUSÕES GERAIS E RECOMENDAÇÕES

A discussão destacada no presente estudo permitiu concluir que a região registra expressiva produtividade na cultura da mandioca, com valores superiores ao registro associado ao Brasil. Na região, destacam-se o município de Cruzeiro do Sul e cidades vizinhas como Rodrigues Alves e Mâncio Lima, inseridas na regional Vale do Juruá. É importante destacar que esses municípios estão incluídos na parte norte da mesorregião Vale do Juruá, em que a precipitação pluviométrica média mensal é superior a 60 mm.

No tocante à produção de mandioca, a região estudada teve incremento anual de $0,58 \text{ t.ha}^{-1}$, de acordo com a curva de regressão linear estimada para os registros temporais compreendidos entre os anos de 1993 e 2018, cujo valor é superior ao que se verificou para as demais localidades incluídas no estudo.

As técnicas descritivas permitiram verificar, ainda, que não necessariamente no ano que ocorreu a maior produtividade houve o maior índice de precipitação pluviométrica. Os resultados permitiram concluir que para cidade de Cruzeiro do Sul evidencia que ao incremento de 1 mm de precipitação pluviométrica estima-se crescimento de $0,0043 \text{ t.ha}^{-1}$ à produtividade de mandioca, na cidade.

Em relação à caracterização temporal verificou-se que os registros pluviométricos na cidade de Cruzeiro do Sul apontaram para um período seco, compreendido de maio a setembro e um período notadamente chuvoso, de outubro a abril. Obteve-se um total de precipitação pluviométrica mensal médio anual de 178,1 mm, tendo o mês de março o maior valor médio de precipitação pluviométrica total mensal para o período em análise, enquanto o menor valor foi registrado para o mês de julho. Contemplou-se, ainda, que os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março são os meses que apresentam as menores variações pluviométricas para os 49 anos avaliados, com coeficiente de variação menor ou igual a 35,94%. Além disso foi verificado que a precipitação pluviométrica mensal registrada para Cruzeiro do Sul apresentou grande variabilidade, com intervalo de 32,38% a 71,65% no coeficiente de variação, tendo o maior valor atribuído ao período seco e o menor associado ao período chuvoso.

Embora os resultados obtidos neste trabalho tenham-se mostrado favoráveis a tomada de decisão sobre a implementação de medidas para uma melhor produtividade agrícola na região em destaque, é importante salientar que não se pretende findar tal discussão. Pelo contrário, o intuito é que os pontos envolvidos no trabalho sejam explorados em diferentes contextos e que possam ser presentes em novas abordagens

nessa região e regiões semelhantes, bem como de ferramentas de auxílio à decisão, especialmente àquelas voltadas à atividade agrícola, que dependem de valores estimados da precipitação pluviométrica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARDALES, N. G.; SILVA, K. W. F.; ARAÚJO, E. A.; OLIVEIRA, T. K.; AMARAL, E. F. Zoneamento pedoclimático da Cana-de-Açúcar (*Saccharum officinarum*.) nas áreas desmatadas do município de Cruzeiro do Sul, estado do Acre. **Agrarian Academy**, v.4, n.7, p.483-495, 2017.

CONNOR, D.J. & COCK, J.H. Response of cassava to water shortage. II. Canopy dynamics. *Field Crops Res.*, 4:285- 296, 1981.

EL-SHARKAWY, M.A. & TAFUR, S.M. Comparative photosynthesis, growth, productivity, and nutrient use efficiency among tall- and short-stemmed rain-fed cassava cultivars. *Photosynthetica*, 48:173-188, 2010.

EL-SHARKAWY, M.A. Physiological characteristics of cassava tolerance to prolonged drought in the tropics: Implications for breeding cultivars adapted to seasonally dry and semiarid environments. *Braz. J. Plant Physiol.*, 19:257- 286, 2007.

El-Sharkawy, M. A. International research on cassava photosynthesis, productivity, eco-physiology, and responses to environmental stresses in the tropics. *Photosynthetica*, v.44, p.481-512, 2006.

EL-SHARKAWY, M.A. Cassava biology and physiology. *Plant Molec. Biol.*, 56:481-501, 2004.

FIALHO, J. F. e VIEIRA E. A. Mandioca no Cerrado: Orientações técnicas. Embrapa Cerrados: Planaltina, 2013. 208 p.

FUKUDA, W.M.G. & IGLESIAS, C. Desenvolvimento de germoplasma de mandioca para as condições semi-áridas. *R. Bras. Mandioca*, 14:17-38, 1995.

GOMES, S. L. S.; WOLLMANN, C. A. A influência da distribuição da precipitação pluviométrica na produção agrícola de soja, no município de Tupanciretã/RS, entre os anos de 2014 e 2015. **Ciência e Natura**, v. 39, n. 3, p. 75-80, 2017.

Instituto brasileiro de geografia e estatística - IBGE. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br>. 2017. Acesso em 24 junho 2019.

OLIVEIRA, J. R. T.; PADOVANI, C. R. Análise da Inter-relação da produtividade agrícola e característica climática na região sudeste do estado de Mato Grosso, por técnicas multivariadas. **Engineering and Science**, v. 6, n. 2, p. 2-12, 2017.

OLIVEIRA, J. R. T. **Utilização de procedimentos multivariados na produtividade agrícola e climática na região sudeste do estado de Mato Grosso**. 2009. 101 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP. 2009.

OTSUBO, A. A.; LORENZI, J. O. Cultivo da Mandioca na Região Centro-Sul do Brasil. Embrapa. Março, 2004.

PASSOS, A. A. dos.; TEIXEIRA, A. L.; MENDES, A. M.; ROSA NETO, C.; OLIVEIRA, D. M. de; LEONIDAS, F. das C.; BOTELHO, F. J. E.; FERRO, G. de O.; COSTA, J. N. M.; VIEIRA JUNIOR, J. R.; ARAUJO, L. V. de; COSTA, R. S. C. da; FERNANDES, S. R. **Cultivo da mandioca no estado de Rondônia**. Porto Velho, Rondônia: Embrapa Rondônia, 2018. 67 p. (Sistemas de Produção, 37).

SANTOS, J. B.; OLIVEIRA, D. P. A.; LIMA, E. M. Influência da precipitação na produtividade da mandioca em vitória da conquista: aportes para o planejamento em sistemas de sequeiro. **Colóquio do Museu Pedagógico**, v. 12, n. 1, p. 1267-1272, 2017.

Taiz, L.; Zeiger, E. Fisiologia vegetal. Porto Alegre: Artemed, 3.ed. 2004. 719p.

VELTHEM, L. H.; KATZ, E. A farinha especial: fabricação e percepção de um produto da agricultura familiar no vale do rio Juruá, Acre. **Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, v. 7, n. 2, p. 435-456, 2012.

ANEXO I – Artigo publicado na Revista Enciclopédia Biosfera



PRODUTIVIDADE DE MANDIOCA NA MESORREGIÃO VALE DO JURUÁ, ACRE, BRASIL

Jefferson Rodrigues dos Santos Silva¹, Anderson Azevedo Mesquita², Rodrigo Otávio Peréa Serrano³, José Genivaldo do Vale Moreira³

¹Mestrando na Universidade Federal do Acre, Programa de Pós-graduação em Ciência, Inovação e Tecnologia para Amazônia, Rio Branco, Acre, Brasil.

E-mail: jeffersonrodriguessilva@gmail.com

²Professor da Universidade Federal do Acre, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Rio Branco, Acre, Brasil

³Professor do programa de pós-graduação em Ciência, Inovação e Tecnologia para a Amazônia da UFAC, Rio Branco, Acre, Brasil;

Recebido em: 15/08/2020 – Aprovado em: 15/09/2020 – Publicado em: 30/09/2020

DOI: 10.18677/EnciBio_2020C33

RESUMO

A mandioca está entre as culturas agrícolas de destaque tanto pela sua rusticidade quanto pela adaptação às mais diferentes condições de clima e solos, sendo uma das culturas mais plantadas e consumidas. A cultura atua como principal produto agrícola do Acre, sendo a Regional Juruá a principal produtora de farinha de mandioca do estado. Diante do exposto, o presente estudo avalia a produção de mandioca na mesorregião Vale do Juruá, com destaque à cidade de Cruzeiro do Sul, e compara sua produtividade com o estado do Acre e o Brasil. Os resultados evidenciam que a região estudada registra expressiva produtividade da cultura, com média superior à registrada no Brasil. As regionais, analisadas por meio do teste de Wilcoxon-Mann-Whitney, registraram produtividade semelhante. Na região, fica em destaque os municípios de Cruzeiro do Sul e cidades vizinhas como Rodrigues Alves e Mâncio Lima, inseridas na regional Juruá. A cidade de Cruzeiro do Sul apresenta incremento anual de 0,58 t.ha⁻¹ em sua produtividade, de acordo com a curva de regressão linear estimada para os registros temporais entre os anos de 1993 e 2018.

PALAVRAS-CHAVE: agricultura, produção regional, sistema produtivo.

CASSAVA PRODUCTIVITY IN VALE DO JURUÁ MESOREGION, ACRE, BRASIL

ABSTRACT

Cassava is one of the most important agricultural crops, due to its rusticity and adaptation to different climatic and soil conditions, being one of the most cultivated and consumed crops. This crop is the main agricultural product of Acre, and Juruá regional is the main producer of cassava flour in the state. Based on above considerations, this study evaluated the production of cassava in Vale do Juruá mesoregion, emphasizing on the city of Cruzeiro do Sul, and comparing its productiveness with the state of Acre and Brazil. The results showed that the region presented an expressively increasing of

the culture, with a higher average than registered in Brazil. The regionals, analyzed using Wilcoxon-Mann-Whitney test, showed similar results. In the region, it stands out in the municipalities of Cruzeiro do Sul and neighboring cities, such as Rodrigues Alves and Mâncio Lima, inserted in the Juruá region. The city of Cruzeiro do Sul presents an annual growth of 0.58 t.ha⁻¹ in its productivity, according to an estimated linear regression curve for temporary records, between the years 1993 and 2018.

KEYWORDS: agriculture, productivity system, regional production.

INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) está entre as culturas agrícolas de destaque tanto por sua rusticidade quanto pela adaptação às mais diferentes condições de clima e solos. Tais características conferem grande importância social e econômica a essa cultura, cujas raízes constituem a exploração principal como fonte de carboidratos para a alimentação de populações de baixa renda em diversas nações, sobretudo os países da África, Ásia e América Latina (ALVES et al., 2008).

Os tubérculos são destinados tanto para alimentação humana quanto animal, e mais de 85% da produção é consumida em forma de farinha, enquanto a outra parte é dividida em raízes frescas (mandioca de mesa, macaxeira) e outros derivados. Apesar do produto principal ser a farinha, também se produz tapiocas, beijus, fécula, além de derivados para a alimentação animal, como feno e ensilagem a partir dos talos, folhas e resíduos do beneficiamento das raízes. Também é utilizada para realizar adubação do solo e no controle de pragas (ALVES et al., 2009).

No Brasil, a produção de mandioca supera o valor de 20 milhões de toneladas/ano, tendo uma produtividade média de aproximadamente 14,641 t.ha⁻¹, colocando o país em destaque no *ranking* dos maiores produtores dessa cultura, atrás apenas da Nigéria, Tailândia e Indonésia (IBGE, 2017). Sua produção está presente em todos os estados brasileiros, em diferentes níveis tecnológicos, sendo o estado do Acre responsável por uma produtividade média de 19,7 t.ha⁻¹, 873.835 toneladas/ano, equivalente a 5,34 % da produção nacional (IBGE, 2017). Já o município de Cruzeiro do Sul está inserido em uma microrregião de destaque na mandiocultura, apresentando em média 2.850 ha/ano plantados e um rendimento médio anual de 26 toneladas (IBGE, 2017).

Neste sentido, o estudo conduzido por Moreto et al. (2018) aponta que a produção nacional registrada em 2016 foi de 23,7 milhões de toneladas e acrescenta que fatores de influência sobre a produção da cultura em debate seriam as condições climáticas brasileiras. Os autores destacam, ainda, que a produção da cultura no país é liderada pelo Estado do Pará, e posteriormente Paraná e Bahia. O Estado do Acre ocupa a 4^o posição no *ranking* brasileiro.

Já o estudo realizado por Velthem e Katz (2012) aponta, como parte de suas conclusões, que a cultura da mandioca atua como o principal produto agrícola do Acre, sendo a região do Vale do Juruá a mais importante produtora de farinha de mandioca do estado. O trabalho destaca, ainda, que nessa mesorregião, a mandioca é primordialmente cultivada para a produção de farinha, onde já é bastante consolidada. A regional Juruá, que abrange os municípios de Cruzeiro do Sul, Mâncio Lima, Rodrigues Alves, Marechal Thaumaturgo e Porto Walter é referência na produção de derivados da mandioca, especialmente a farinha, dado o reconhecimento, qualidade e

aceitação dos produtos tanto no mercado local quanto em outras regiões (ÁLVARES et al., 2011; ACRE, 2017).

Dada a identidade do produto, a recomendação outorgada por diversos estudos, além da aceitação no mercado consumidor, a farinha produzida na região, amplamente divulgada como farinha de Cruzeiro do Sul, foi contemplada com o selo de Indicação Geográfica (SOUZA et al., 2017). Com isso, o Acre se tornou a primeira unidade da federação com a concessão do registro de indicação geográfica para as cultivares Branquinha, Mansa-e-Brava, Caboquinha, Curimêm, Cumaru, Chico Anjo e Mulatinha, contemplando a região oeste do estado (NÓBREGA, 2017).

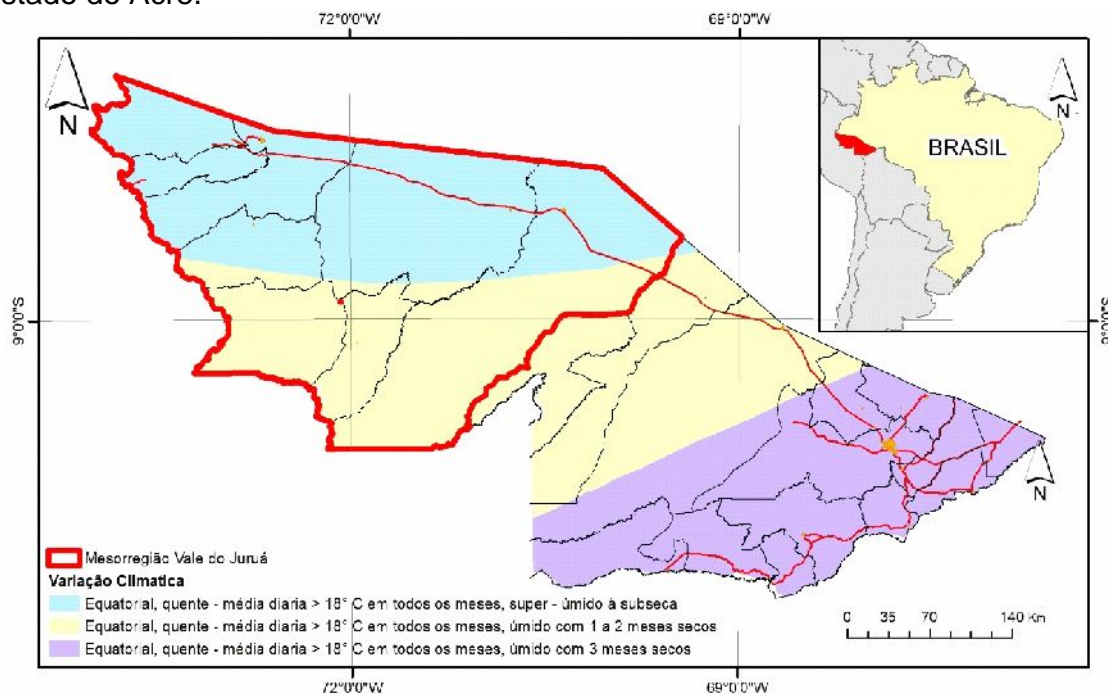
Nesse contexto, o objetivo do presente estudo foi avaliar a produtividade de mandioca na mesorregião Vale do Juruá, com destaque à cidade de Cruzeiro do Sul, comparando com a produção do Estado do Acre e do Brasil, a partir de base de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE.

MATERIAL E MÉTODOS

Para investigar a relação da produtividade agrícola da cultura da mandioca, o presente estudo foi realizado na mesorregião Vale do Juruá, estado do Acre, da qual fazem parte: a Regional Juruá com os municípios de Cruzeiro do Sul, Rodrigues Alves, Mâncio Lima, Porto Walter e Marechal Thaumaturgo; e a Regional Tarauacá-Envira, que compreende os municípios de Feijó, Jordão e Tarauacá (ACRE, 2017).

O clima predominante na região em estudo é classificado, segundo Koppen, como equatorial quente e úmido (Af), com temperatura média anual em torno de 24,5°C (MOREIRA *et al.*, 2019). A mesorregião Vale do Juruá está localizada na parte oeste do estado do Acre e da Amazônia brasileira e tem Cruzeiro do Sul como principal cidade. De acordo com IBGE (2018), na região em estudo predomina um padrão de chuvas definido em dois períodos bem destacados: um período subseco, com precipitações mensais médias superiores a 60 mm, compreendido entre os meses de maio e setembro, ao norte da mesorregião, com destaque aos meses de julho e agosto, de precipitação inferior a 60 mm na parte sul, caracterizando um período seco, que apresenta os menores valores médios de precipitação pluviométrica; além de um período notadamente chuvoso, destacado de outubro a abril, em toda a mesorregião (Figura 1). A precipitação média anual da região é de 2.000 mm e a temperatura média anual é de 24,5 °C (MOREIRA et al., 2016; MOREIRA et al., 2019; SILVA et al., 2019).

FIGURA 1 – Localização da Mesorregião Vale do Juruá e variação climática ao longo do estado do Acre.



(Fonte: IBGE, 2018)

Foram analisadas informações consolidadas extraídas do banco de dados do IBGE, através do Sistema de Recuperação Automática (SIDRA), gravados no período compreendido entre os anos de 1993 a 2018. Os dados foram submetidos a uma análise prévia por meio das técnicas da estatística descritiva e, em seguida, submetidos ao teste não-paramétrico de Wilcoxon-Mann-Whitney para comparar os grupos, dois a dois. A escolha do referido teste se deu em razão da quebra do pressuposto de normalidade, verificada por meio do teste de Shapiro-Wilk e Anderson-Darling (CALLEGARI-JACQUES, 2003; ZIMMERMANN, 2014; RAMOS et al., 2019).

Além disso, os dados foram submetidos à análise de regressão linear simples, cujo ajuste estimado do modelo e a verificação das premissas de linearidade, independência, normalidade e homocedasticidade em relação aos resíduos (erros), foram verificados de acordo com Perlin (2018).

Os cálculos envolvidos nos testes mencionados foram realizados por meio de bibliotecas do *Software* livre R e, em todos os casos considerou-se o nível de significância de 5% (PERLIN, 2018; RAMOS et al., 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

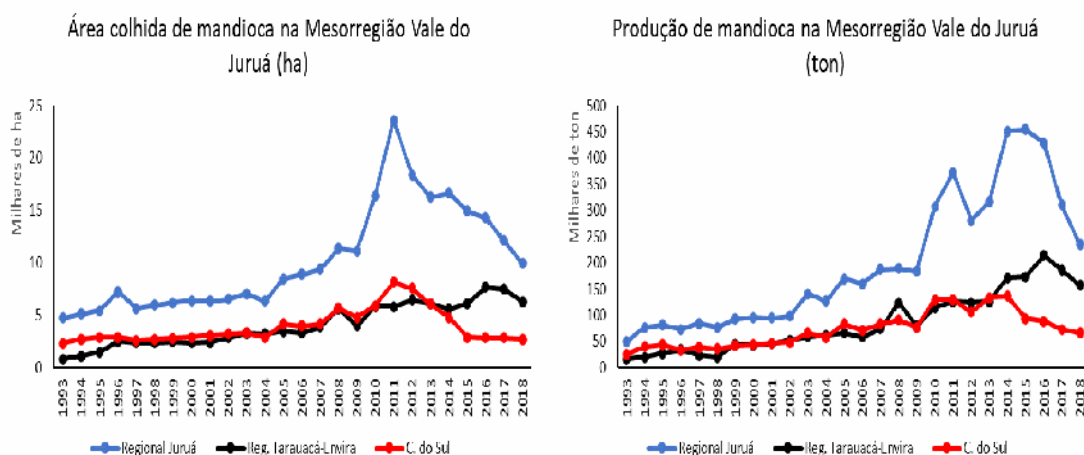
A análise preliminar dos dados amostrados evidenciou que a Regional Juruá apresentou valores superiores quanto às variáveis: área colhida e produção anual de mandioca durante todo o período em estudo, na comparação com a regional Tarauacá-Envira.

Na série histórica avaliada, que compreende os anos de 1993 a 2018, permitiu observar que no ano de 2011 ocorreu um pico nos valores de área colhida para a regional Juruá. Já em relação à produção, verificou-se que além do ano de 2011, houve

evidente incremento também nos anos de 2014 e 2016, atingindo valores superiores a 450 mil toneladas por ano.

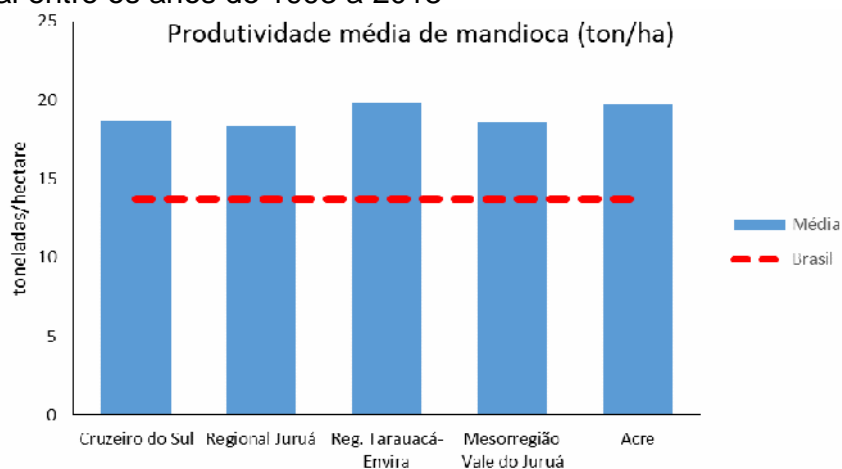
A Figura 2 apresenta os valores de área plantada e produção para a mesorregião Vale do Juruá, além do comportamento das variáveis em Cruzeiro do Sul, cidade que se destaca em relação à cultura em estudo. Os resultados corroboram o destaque dado à regional Juruá quanto à produção de mandioca conforme ressaltado por Freitas et al. (2011) e Brito et al. (2019).

FIGURA 2 – Comportamento temporal das variáveis área colhida e produção de mandioca na mesorregião Vale do Juruá



Em relação à produtividade, expressa em toneladas por hectare ($t \cdot ha^{-1}$), os valores médios atribuídos para a cidade de Cruzeiro do Sul, para a regional e mesorregião a que pertence, bem como ao estado do Acre se assemelham. Entretanto, são superiores em relação à produtividade média nacional conforme evidenciado na Figura 3, cuja média brasileira da produtividade de mandioca é representada pela linha pontilhada, com valor de aproximadamente $13,7 t \cdot ha^{-1}$.

FIGURA 3 – Comparativo entre médias da produtividade de mandioca ($ton \cdot ha^{-1}$) do estado, Mesorregião Vale do Juruá e suas duas regionais, e de Cruzeiro do Sul com média nacional entre os anos de 1993 a 2018



Os resultados indicam que a região em estudo possui potencial para a produção de mandioca, o que lhe impõe destaque até mesmo em âmbito nacional. A superioridade nos valores médios de produtividade em relação aos do Brasil pode estar relacionada ao fator climático e ao regime pluviométrico registrado na região, visto que a cultura em destaque está fortemente relacionada à distribuição espacial e temporal de chuvas. Neste sentido, as evidências de estudos já realizados apontam que as condições climáticas e meteorológicas da região são favoráveis (BRITO et al., 2019).

No Brasil a cultura da mandioca tem apresentado uma baixa produtividade, sendo de 14,641 ton.ha⁻¹ (IBGE, 2017). Isso se deve a diversos fatores, tais como a não adoção de um sistema de produção adequado; o uso de tecnologias disponíveis no mercado, principalmente corretivos, fertilizantes e cultivares adaptadas em algumas regiões. Outra consequência é a época de plantio e colheita, que muitas vezes são escolhidas inadequadamente, além do uso de estreita base genética que se utiliza em uma região, geralmente não inovadas (FERREIRA et al., 2013).

Gonçalves et al. (2009) observando o sistema produtivo da mandioca empregado no Acre, observou pouco aporte de recursos tecnológicos na cultura, como correção e adubação do solo, substituição de cultivares, mudanças no espaçamento, modernização nas casas de farinha e concluiu que, estabelecendo-se alterações nessas tecnologias, poder-se-ia triplicar a oferta da mandioca para o estado em curto espaço de tempo.

Além disso, o estudo conduzido por SA et al. (2017) expõe que no estado do Acre a adoção de boas práticas agrícolas é uma ação real desenvolvida pelos agricultores. Os autores ainda destacam dois pontos fundamentais: o cultivo sem uso de fogo e a adoção de tecnologias disponíveis como (plantio direto com agricultura conservacionista, consócio das plantas cultivadas, cultivo de plantas de cobertura e rotação) que estão em avaliação no sistema produtivo da cultura no Juruá.

Por sua vez, Ros e Hirata (2019) estudando a propriedades físicas do solo e produtividade da mandioca sob diferentes manejos de cobertura e solo, verificaram que a produtividade comercial da cultura não diferiu entre os tratamentos utilizados no trabalho, podendo atingir média de até 30 t.ha⁻¹.

A utilização de métodos agronômicos pode estar entre os fatores que contribuem para diferença expressiva de produtividade de mandioca de uma região para outra. De fato, tem-se o estudo de Enck et al. (2017), que apresentou resultados que demonstram o incremento linear da produtividade em função da dose de fósforo (P₂O₅). Outrossim, a diferença entre as regiões deve ser avaliada sob o viés inferencial, que comprovem diferença significativa em relação à produtividade.

Neste sentido, na Tabela 1 são apresentados os resultados de uma análise inferencial por meio do teste não-paramétrico de Wilcoxon-Mann-Whitney, com vistas a avaliar a diferença na produtividade de mandioca na cidade de Cruzeiro do Sul, comparada com a mesorregião a que está inserida e outras.

TABELA 1 – Resultados do teste não paramétrico de Wilcoxon-Mann-Whitney para comparar a produtividade de mandioca em Cruzeiro do Sul com a mesorregião e regional em que está inserida, bem como com o estado do Acre e com o Brasil, no período de 1993 a 2018.

	Brasil	Acre	Mesorregião Vale do Juruá	Regional Juruá	Regional Tarauacá-Envira	Cruzeiro do Sul
Brasil	-					
Acre	1,06x10 ⁻⁶ **	-				
Mesorregião Vale do Juruá	8,99x10 ⁻⁶ **	0,245 ^{NS}	-			
Regional Juruá	5,01x10 ⁻⁶ **	0,155 ^{NS}	0,627 ^{NS}	-		
Regional Tarauacá-Envira	1,01x10 ⁻⁶ **	0,701 ^{NS}	0,133 ^{NS}	0,135 ^{NS}	-	
Cruzeiro do Sul	6,75x10 ⁻⁶ **	0,271 ^{NS}	0,812 ^{NS}	0,912 ^{NS}	0,263 ^{NS}	

** = diferença significativa ao nível de significância de 5% (p < 0,05)

NS = Não significativo ao nível de significância de 5% (p > 0,05)

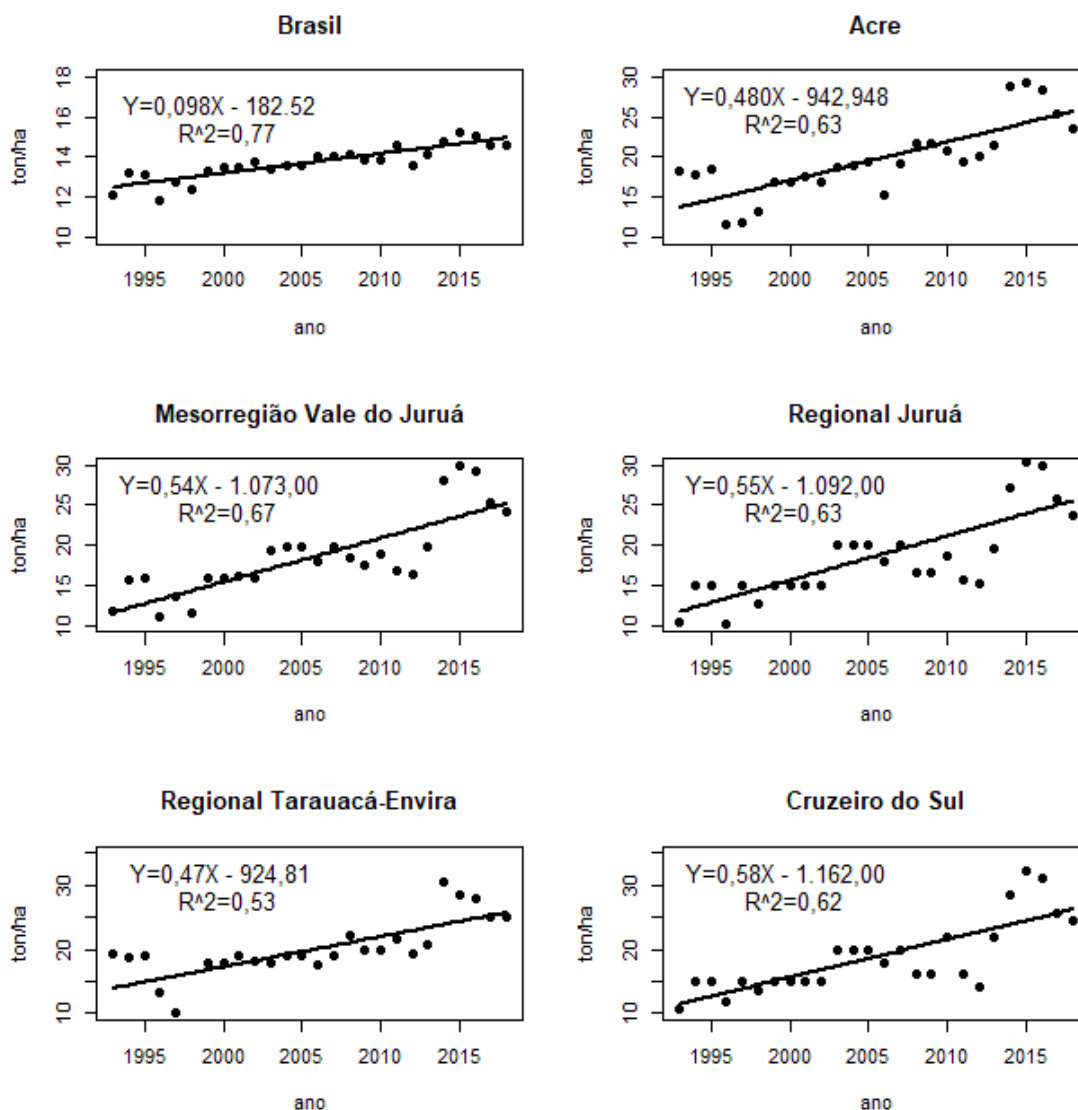
Os resultados expressos na Tabela 1 permitiram observar que existe diferença de produtividade brasileira de mandioca e que esta é significativamente inferior à produtividade do estado do Acre, da regional Juruá, mesorregião Vale do Juruá, regional Tarauacá-Envira e Cruzeiro do Sul (p < 0,05). Por sua vez, não se verificou diferença significativa para a comparação na produtividade de mandioca registrada para Cruzeiro do Sul, mesorregião Vale do Juruá, regional Vale do Juruá e Tarauacá-Envira e do estado do Acre.

Neste viés, Freitas et al. (2011) relataram que em 2009, dos quase 20.000 hectares plantados na Regional Juruá, em torno da metade era de mandioca. Os autores destacaram o município de Cruzeiro do Sul (com 5.200 hectares) e Rodrigues Alves (4.200 hectares). Já o estudo conduzido por Modesto Junior et al. (2016), dedicado a avaliar a produção de mandioca no Estado do Acre, destacou variação entre as variáveis: área plantada, colhida, produção, rendimento e valor de produção, dando ênfase para a quantidade produzida, pois de 395 mil toneladas, em 1995, foi possível atingir 939 mil toneladas no ano de 2013. O resultado demonstrou que a produtividade é muito boa, aproximando-se dos valores registrados no Paraná, com aproximadamente 20 mil toneladas.

No tocante ao comportamento temporal dos valores de produtividade de mandioca nas regiões avaliadas, a Figura 4 apresenta as equações estimadas para os referidos dados no período considerando para o presente estudo (1993 a 2018). Em todos os casos, verificou-se incremento ao longo do tempo, entretanto, menor para os dados do Brasil. Enquanto o incremento anual referente à produtividade registrada no Brasil foi 0,098 t.ha⁻¹, o valor variou de 0,470 a 0,580 t.ha⁻¹ ao ano nas demais localidades avaliadas.

Os resultados são congruentes com as conclusões apresentadas por Brito et al. (2019), demonstrando o potencial da região para a produtividade de mandioca, especialmente em comparação com a produtividade nacional.

FIGURA 4 – Equações de regressão linear simples estimadas para os valores de produtividade de mandioca registrados na cidade de Cruzeiro do Sul e região adjacente, bem como do Brasil, em função do tempo



CONCLUSÃO

Os resultados obtidos com a consecução do presente estudo permitiram concluir que a região destacada registra expressiva produtividade na cultura da mandioca, com valores superiores ao registro associado ao Brasil. As demais localidades analisadas registraram valores semelhantes, inclusive em relação ao estado do Acre. Na região, destacam-se o município de Cruzeiro do Sul e cidades vizinhas como Rodrigues Alves

e Mâncio Lima, inseridas na regional Juruá. Ressalta-se que esses municípios estão incluídos na parte norte da mesorregião, em que a precipitação média mensal é superior a 60 mm.

A cidade de Cruzeiro do Sul apresentou incremento anual de 0,58 t.ha⁻¹ na produtividade de mandioca, de acordo com a curva de regressão linear estimada para os registros temporais compreendidos entre os anos de 1993 e 2018, cujo valor é superior ao que se verificou para as demais localidades incluídas no estudo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à UFAC, ao IBGE, à CAPES ao CNPq pelo apoio à esta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ACRE. Governo do Estado. **Acre em Números: Caracterização Demográfica e Territorial**. Rio Branco: SEPLAN, 2017. 179 p. Disponível em: <http://acre.gov.br/wp-content/uploads/2019/02/acre-em-numeros-2017.pdf>. Acesso em: 6 jul. 2020.

ALVES, J. M. A.; COSTA, F. A.; UCHÔA, S. C. P.; SANTOS, C. S. V.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; RODRIGUES, G. S. Avaliação de dois clones de mandioca em duas épocas de colheita. **Revista Agro@mbienteOnline**, v.2, n.2, p.15-24, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v2i2.244>

ALVES, M. C. S.; MOREIRA, M. A. B.; CHAGAS, M. C. M. das.; HOLANDA, J. S. de; SILVA, J. da; LIMA, J. D. S. **Recomendações técnicas para o cultivo da mandioca**. Natal, Rio Grande do Norte, 2009.

ÁLVARES, V. de S.; PAPA, D. de A.; GOMES, F. C. da R.; SANTANA, A. S.; SOUZA, J.M.L.; CAMPOS FILHO, M. D.; SANTIAGO, A. C. C. **Perfil da produção de farinha de mandioca artesanal no Território da Cidadania do Vale do Juruá, Acre**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2011. 50 p. (Embrapa Acre, Documentos, 121). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/918672/perfil-da-producao-de-farinha-de-mandioca-artesanal-no-territorio-da-cidadania-do-vale-do-juruua-acre>. Acesso em: 8 ago. 2020.

BRITO, R. S; BRITO, R. S; MOREIRA, J. G. V; OLIVEIRA, A. V. Produtividade de mandioca na região do Vale do Juruá Amazônia Ocidental. **Scientia Naturalis**, v.1, n.1, p.1-9, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufac.br/index.php/SciNat/article/view/1929>. Acesso em: 1 jul. 2020.

CALLEGARI-JACQUES, S. M. **Bioestatística: Princípios e Aplicações**. 1. Ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2003.

ENCK, B. F; SILVA, C. A; RIGOTTI, D; KEFFER, G. F; SOUZA, F. R. Cultivares de mandioca submetidas à adubação fosfatada na Amazônia sul ocidental. **Enciclopédia Biosfera**, v.14, n.25, p.365-371, 2017. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2017a/agrar.htm>. Acesso em: 25 jul. 2020.

FREITAS, C. G; FARIAS, C. S; VILPOUX, O. F. A produção camponesa de farinha de mandioca na Amazônia Sul Ocidental. **Boletim Goiano de Geografia**, v.31, n.2, p.29-42, 2011. DOI: <https://doi.org/10.5216/bgg.v31i2.16843>

FERREIRA, J. R. F., SILVEIRA, H. F., MACÊDO, J. J. G., LIMA, M. B., CARDOSO, C. E. L. **Cultivo, processamento e uso da mandioca**. Editora: Embrapa Mandioca e Fruticultura. 1 ed., Brasília, 2013. 32p.

GONÇALVES, R. C; OLIVEIRA, L. C. Embrapa Acre: ciência e tecnologia para o desenvolvimento sustentável do sudoeste da Amazônia. In: SIVIERO, A. **Trenta anos de pesquisas com mandioca no Acre**. Rio Branco, Acre: Embrapa Acre, p. 111-122, 2009.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Clima do Brasil**. 1:500.000. Atualização em 12 de junho de 2018, 2018. Disponível em: http://www.dados.gov.br/dataset/cren_climadobrasil_5000. Acesso em: 15 mai. 2020.

IBGE - Instituto brasileiro de geografia e estatística. (2017) ,Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 24 jun. 2019.

MODESTO JUNIOR, M. S; ALVES, R. N. B. Cultura da mandioca: Aspectos socioeconômico, sistemas de cultivo, manejo de pragas e doenças e agroindústria. In: FILGUEIRAS, G. C; HOMMA, A. K. O. **Aspectos socioeconômicos da cultura da mandioca na região Norte**. Brasília, DF: Embrapa, 2016. p.16-48. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/150243/1/LV-Mandioca-cap1.pdf>

MOREIRA, J. G. V.; CRAVEIRO, R. L.; SERRANO, R. O. P.; FORMOLO, A. K. Temporal trend and frequency of maximum precipitations in Cruzeiro do Sul, Acre, Brazil. **Nativa**, v. 4, n. 2, p. 97-102, 2016. DOI: 10.14583/2318-7670.v04n02a08

MOREIRA, J. G. V.; AQUINO, A. P. V.; MESQUITA, A. A.; MUNIZ, M. A.; SERRANO, R. O. P. Stationarity in Annual Daily Maximum Streamflow Series in the Hydrographic Basin of the Upeer Jurá River, Western Amazon. **Revista Brasileira de Geografia Física**. V. 12, n. 2, p. 705-713, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.14583/2318-7670.v04n02a08>

MORETO, V. B.; APARECIDO, L. E. O.; ROLIM, G. S.; MORAES, J. R. S. C. Agrometeorological models for estimating sweet cassava yield. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.48 n.1, p.43-51, 2018. Disponível em: DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-40632018v4850451>

NOBREGA, M. **Farinha é o primeiro produto a ter selo de indicação Geográfica no AC**. Sebrae, 2017. Disponível em: <https://m.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ufs/ac/artigos/farinha-e-o-primeiro-produto-a-ter-selo-de-indicacao-geografica-no-ac,6530e6def171e510VgnVCM1000004c00210aRCRD>

PERLIN, M. S.; **Processamento e análise de dados financeiros e econômicos com R**. São Paulo: Publicação Independente, 2018. 434p.

RAMOS, M. M. A.; RAMOS, P. L.; NETO, F. L.; BARBA, P. C. S. D. Utilização do Software R em pesquisas na terapia ocupacional. **Cadernos Brasileiros de Terapia Ocupacional**. V. 27, n. 1, p. 217-230, 2019. DOI: <https://doi.org/10.4322/2526-8910.ctoCB1625>

ROS, A. B; HIRATA, A. C. S. Propriedades físicas do solo e produtividade de mandioca em diferentes manejos de coberturas do solo. **Científica**, v.47, n.4, p.411-418, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.15361/1984-5529.2014v42n1p1-10>

SA, C. P. de; SANTIAGO, A. C. C; COSTA, F. de S. **Desempenho econômico da produção de farinha de mandioca em Cruzeiro do Sul, Acre, com Adoção de boas práticas agrícolas**. Rio Branco Acre: Embrapa Acre, 2017. 19 p. (Documentos, 150). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/168447/1/26424.pdf>

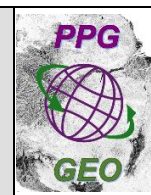
SILVA, A. M.; COLOMNINI, M.; MOURA DA SILVA, M.; SOUZA, R. M.; MONTEIRO, W. M.; BERNARDE, P. S. Ethno-knowledge and attitudes regarding snakebites in the Alto Juruá region, Western Brazilian Amazonia. **Toxicon**, v. 171, p. 66-77, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2019.10.238>

SOUZA, J. M. L; ÁLVARES, V. S; NÓBREGA, M. S. Indicação geográfica da farinha de mandioca de Cruzeiro do Sul, Acre. In: SOUZA, J. M. L; ÁLVARES, V. S; NÓBREGA, M. S; NOBRE, I. **Farinha de mandioca de Cruzeiro do Sul: características da identidade regional para a indicação Geográfica**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 37 – 51. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1086100/indicacao-geografica-da-farinha-de-mandioca-de-cruzeiro-do-sul-acre>. Acesso em: 23 jun. 2020.

VELTHEM, L. H.; KATZ, E. A farinha especial: fabricação e percepção de um produto da agricultura familiar no vale do rio Juruá, Acre. **Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, v.7, n. 2, p.435-456, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1981-81222012000200008>

ZIMMERMANN, F. J. P. **Estatística aplicada à pesquisa agrícola**. Brasília: Embrapa, 2014, 582p.

ANEXO II – Artigo publicado na (UÁQUIRI) Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Acre



CARACTERIZAÇÃO TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NA CIDADE DE CRUZEIRO DO SUL, ACRE, BRASIL

Jefferson Rodrigues dos Santos Silva^{1*}, Matheus Kucmanski Taveira², Anderson Azevedo Mesquita³, Rodrigo Otávio Peréa Serrano⁴, José Genivaldo do Vale Moreira⁴
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8732-4187>; <https://orcid.org/0000-0003-4233-8782>; <https://orcid.org/0000-0003-0947-8070>; <https://orcid.org/0000-0002-7786-8305>; <https://orcid.org/0000-0002-2994-8482>

¹Mestrando no Programa de Pós-graduação em Ciência, Inovação e Tecnologia para Amazônia da UFAC, Rio Branco, Acre, Brasil; ²Acadêmico do curso de Bacharelado em Agronomia da UFAC, Rio Branco, Acre, Brasil; ³Doutorando do Programa de pós-graduação em Geografia da UNIR, Porto Velho, Rondônia, Brasil; ⁴Professor do Programa de Pós-graduação em Ciência, Inovação e Tecnologia para a Amazônia da UFAC, Rio Branco, Acre, Brasil
*jeffersonrodriguessilva@gmail.com

Recebido em: 14/01/2021. Aceito em: 18/05/2021. Publicado em: 30/07/2021
DOI: <https://doi.org/10.47418/uaquiri.vol3.n1.2021.4585>

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo realizar diagnóstico do comportamento dos registros pluviométricos mensal e anual na cidade de Cruzeiro do Sul, Acre, ocorridos entre os anos de 1970 a 2019, a partir de dados disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. Foram utilizadas técnicas de estatística descritiva, que são importantes ferramentas de análise exploratória para variáveis quantitativas contínuas. Estatísticas como média e Coeficiente de Variação, além de técnicas gráficas foram destacadas como elementos de apoio à tomada de decisão em relação ao comportamento da precipitação pluviométrica registrada para a localidade em estudo. Os resultados convergiram para a confirmação de um período seco, compreendido de maio a setembro, além de um período notadamente chuvoso, de outubro a abril. O valor médio mensal de precipitação foi de 178,1 mm, tendo o mês de março o maior valor médio de precipitação total mensal, enquanto o menor valor médio foi registrado no mês de julho. Os resultados permitiram concluir que os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março apresentam as menores variações pluviométricas para os 49 anos avaliados, com coeficientes de variação menor o igual a 35,95%. Além disso foi verificado que a precipitação mensal registrada para Cruzeiro do Sul apresentou grande variabilidade, com intervalo de 32,38% a 71,65% no coeficiente de variação, tendo o maior valor atribuído ao período seco (baixo valor médio de precipitação total) e o menor valor associado ao período chuvoso.

Palavras-chaves: Precipitação pluviométrica. Variabilidade. Período seco. Período chuvoso

TEMPORAL CHARACTERIZATION OF RAINFALL IN THE CITY OF CRUZEIRO DO SUL, ACRE, BRAZIL

ABSTRACT

This work aims to perform a diagnosis of the behavior of monthly and annual rainfall records in the city of Cruzeiro do Sul, Acre, occurred between 1970 and 2019, based on data provided by the National

Institute of Meteorology – INMET. Descriptive statistical techniques were used, which are important exploratory analysis tools for continuous quantitative variables. Statistic tools, such as mean of data and Coefficient of Variation, in addition to graphic techniques, were applied as elements to support decision-making in relation to the behavior of rainfall recorded for the locality under study. The results converged to confirm a dry period, from May to September, and a remarkably rainy period, from October to April. The average monthly precipitation value was 178.1 mm, being March the month having the highest average monthly total precipitation value, whereas the lowest average value was recorded for July. The results allowed us to conclude that the months of December, January, February, and March present the lowest rainfall variations for the interval of 49 years evaluated, with variation coefficients less than 35.95 %. In addition, it was verified that the monthly precipitation recorded for Cruzeiro do Sul presented great variability, with an interval from 32.38 % to 71.65 % in the coefficient of variation, with the highest variation attributed to the dry period (low mean total precipitation value) and the lowest value associated with the rainy season.

Keywords: Rainfall; Variability; Dry season; Rainy season.

CARACTERIZAÇÃO TEMPORAL DE LA PRECIPITACIÓN PLUVIOMÉTRICA EN LA CIUDAD DE CRUZEIRO DO SUL, ACRE, BRASIL

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo realizar el diagnóstico del comportamiento de los registros de lluvias mensuales y anuales en la ciudad de *Cruzeiro do Sul, Acre - Brasil*, ocurridos entre los años 1970 y 2019, desde los datos que el *Instituto Nacional de Meteorología (INMET)* dispone. Se utilizaron técnicas de estadística descriptiva, que son herramientas importantes para el análisis exploratorio de variables cuantitativas continuas. Se destacaron estadísticas, como promedio y coeficiente de variación, así como técnicas gráficas, como elementos de apoyo a la toma de decisión acerca del comportamiento de la precipitación registrada para localidad en estudio. Los resultados convergieron para asegurar un período seco, de mayo a septiembre, además de un período notablemente de lluvias, de octubre a abril. El valor promedio mensual de precipitación fue de 178,1 mm, siendo el mes de marzo el que presentó el valor promedio más alto de precipitación mensual total, mientras que el valor promedio más bajo se registró en el mes de julio. Los resultados permitieron concluir que los meses de diciembre, enero, febrero y marzo presentan las menores variaciones de precipitación para los 49 años evaluados, con coeficientes de variación menores o iguales al 35,95%. Además, se verificó que la precipitación mensual registrada para *Cruzeiro do Sul* mostró gran variabilidad, con un intervalo de 32,38% a 71,65% en el coeficiente de variación, con el valor más alto atribuido al período seco (valor promedio bajo de precipitación total) y el valor más bajo asociado con la temporada de lluvias.

Palabras clave: Precipitación pluviométrica. Variabilidad. Temporada seca. Temporada lluviosa.

1. INTRODUÇÃO

O debate sobre as questões ligadas ao clima ganhou notoriedade em esferas distintas da sociedade: científica, ambiental, econômica e política. Visto que as alterações nos padrões climáticos têm provocado diversas modificações, tanto na escala temporal quanto espacial, monitorar e conhecer sobre a variabilidade climática e suas consequências tornou-se fundamental, especialmente sobre as variáveis hidrológicas, cujos impactos são mais evidentes (COUTINHO *et al.*, 2018; FREITAS; PAIVA, 2018).

Uma das variáveis hidrometeorológicas de maior importância para a sociedade é a precipitação pluviométrica, por influenciar diretamente na atividade exercida pelo homem,

onde seu excesso (enchentes) ou escassez (secas) tendem a ocasionar danos socioeconômicos e ambientais significativos (DINIZ, 2013).

A chuva é uma variável que demonstra enorme variação no tempo e no espaço, e é totalmente influenciada pela localização geográfica, relevo e por diversas variáveis meteorológicas que incidem sobre o balanço de energia no planeta. Por isso, o estudo da variabilidade pluviométrica é importante, sobretudo àqueles voltados à tomada de decisão ao planejamento agrícola e a gestão de riscos em eventos extremos que afetam dada região (ALVES *et al.*, 2016).

As variações dos elementos meteorológicos têm sido reconhecidas ao longo dos anos e determinam as características climáticas das diversas zonas terrestres, como tal sua estrutura socioeconômica e até mesmo os meios de produção são inteiramente dependentes dessas características (MARIN *et al.*, 2000). Com efeito, a variabilidade pluviométrica pode afetar diretamente a vida econômica e social da população de diferentes formas, a exemplo da atividade agrícola, que impulsiona economicamente o Produto Interno Bruto (PIB), de diversas regiões produtivas do país, como a Mesorregião Vale do Juruá, no estado do Acre, com evidente potencial para a produção de mandioca (BRITTO *et al.*, 2008; SILVA *et al.*, 2020).

De acordo com Santos *et al.* (2018), o regime pluviométrico é influenciado por muitos eventos, a exemplo do El Niño e La Niña, cuja ocorrência pode ser preponderante ao planejamento agrícola de certas regiões, já que é um setor de total dependência da ocorrência de chuvas para a produção significativa e capaz de impactar no desempenho econômico de uma região.

Neste sentido, Medeiros (2018) revela que os estudos manifestam carência de correlação de chuvas com acontecimentos climáticos de larga escala, a exemplo do El Niño e La Niña. O autor avaliou a influência da variabilidade pluviométrica com o número de dias de chuva na cidade de Recife-PE e suas afinidades com os fenômenos El Niño e La Niña, e verificou que no quadrimestre seco, correspondendo os meses de outubro a janeiro, não se verificou interferência de tais episódios e concluiu que os dias de ocorrência de chuva no Recife pouco são influenciados pelos fenômenos El Niño e La Niña, pois nos meses em que ocorrem maiores intensidades desses episódios, as chuvas ocorridas evidenciaram estabilidade. Resultados parecidos foram encontrados em estudos realizados por Medeiros *et al.* (2016) para o município de Bom Jesus do Piauí.

Nesse contexto Schaab (2018) concluiu em seu estudo que o impacto exercido na agricultura decorrente dos fenômenos que interferem no regime pluviométrico impacta sobre a

produtividade agrícola. Diante disto, é notável que o setor agrícola no Brasil é grande influenciador nas esferas da matriz de produção, e uma variação na sua demanda reflete em toda a economia.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi realizar um diagnóstico do comportamento dos registros pluviométricos na cidade de Cruzeiro do Sul, Acre, materializados no período compreendido entre os anos de 1970 a 2019, a partir de dados disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

2. MATERIAL E MÉTODOS

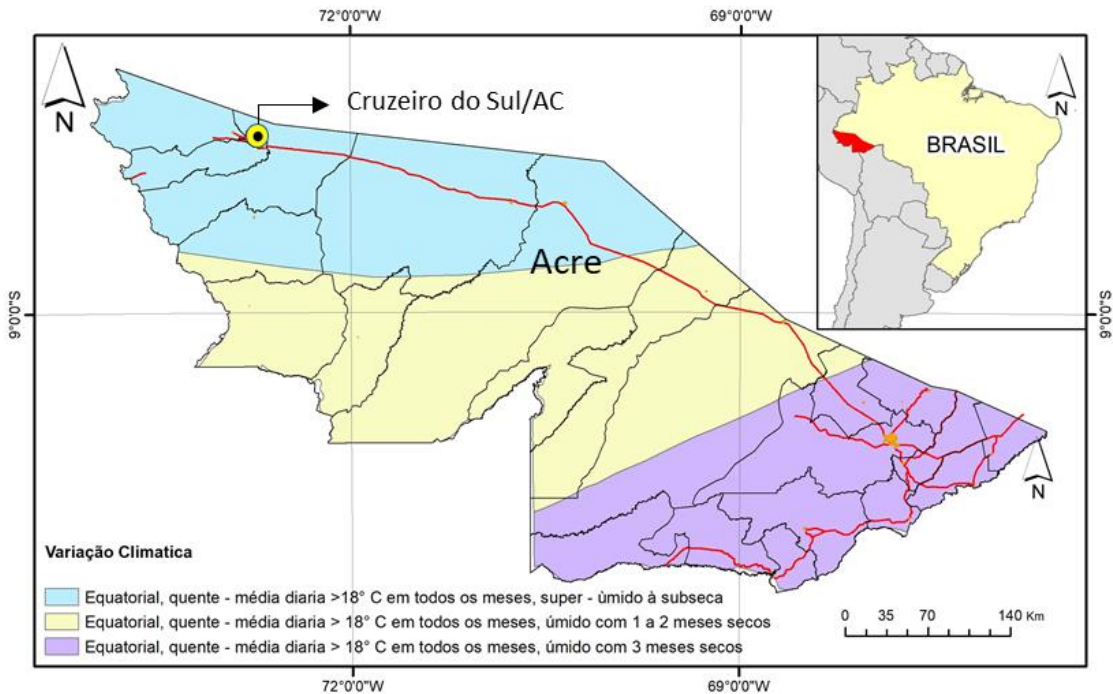
O município de Cruzeiro do Sul-AC (Figura 1) localiza-se na mesorregião Vale do Juruá, nas coordenadas geográficas de latitude 7° 37' 52" S e longitude 72° 40' 12" W. É a segunda cidade mais populosa do estado do Acre, com cerca de 90 mil habitantes e extensão territorial de 7.781,5 km² (IBGE, 2010), além de uma altitude média de 182 m em relação ao nível do mar. O clima predominante na região em estudo é classificado, segundo Köppen, como equatorial quente e úmido (Af), com temperatura média anual de aproximadamente 24,5 °C (MOREIRA *et al.*, 2020).

A classificação climática de Nimer (1979), destaca a influência da temperatura e da umidade na diversidade climática, baseando-se na climatologia dinâmica e no ritmo das massas de ar. De tal modo, para a região de estudo observa-se o tipo climático Equatorial Quente, com média diária de temperatura superior a 18°C em todos os meses, e com distribuição de umidade do tipo super úmido a subseco (Figura 1).

Essa região é dividida em dois períodos, um mais seco (maio a setembro) e um período notadamente chuvoso (outubro a abril). A precipitação média anual da região é de 2.000 mm e média mensal de 60 mm (MOREIRA *et al.*, 2016; MOREIRA *et al.*, 2019). Assim sendo, observa-se que entre as três zonas de variação de umidade identificadas na classificação de Nimer (1979), a região de Cruzeiro do Sul se destaca por ter a maior distribuição de umidade.

Os dados utilizados nesse trabalho foram de precipitação pluviométrica total mensal e anual, anotados para a cidade de Cruzeiro do Sul, durante o período de 1970 a 2019, gravados na estação meteorológica 82704 (7°38'S; 72°40'W, em *datum* WGS84), operada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (MOREIRA *et al.* 2019; SILVA *et al.*, 2020) (Figura 1). Ocorreram falhas pontuais dos registros nos anos de 1991 e 1992, correspondendo a 4% das informações, cujos valores mensais foram preenchidos pela média aritmética de números anteriores (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

Figura 1: Localização da cidade de Cruzeiro do Sul e variação climática ao longo do estado do Acre (Fonte: SILVA et al., 2020).



No tocante à análise dos dados, foram utilizadas técnicas de estatística descritiva que, de acordo com Lobato *et al.* (2018), são importantes ferramentas de análise exploratória para variáveis como a precipitação pluviométrica. Estatísticas como média e Coeficiente de Variação, além de técnicas gráficas forneceram elementos importantes de apoio à tomada de decisão no tocante ao comportamento da precipitação pluviométrica registrada para a cidade de Cruzeiro do Sul.

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

A precipitação pluviométrica total mensal e anual atinentes aos registros para a cidade de Cruzeiro do Sul, Acre, no período compreendido entre os anos de 1970 e 2019, é representada através de um resumo descritivo, cujos resultados estão expostos na Tabela 1.

Ao avaliar as médias totais mensais e anuais dos 49 anos, verificou-se que na cidade de Cruzeiro do Sul há duas estações bem definidas, sendo uma chuvosa (outubro a abril) e uma seca (maio a setembro) (Tabela 1). A determinação do período úmido e árido predominante em determinada região é importante, com relevância demonstrada em vários estudos, a exemplo daqueles executados por Pizzato *et al.* (2012), Silva *et al.* (2013), Mossini Junior *et al.* (2016)

que, avaliando a distribuição de precipitação de Cáceres-MT, Sapezal-MT e Nova Mutum-MT, simultaneamente, também conseguiram alcançar e definir de forma sinuosa quais estações para as devidas cidades analisadas de secas e chuvosas. Seus resultados se assemelham ao que se observou no presente estudo, em que as regiões analisadas apresentaram duas estações bem definidas, sendo elas o período de seca (maio a setembro) e o chuvoso (outubro a abril).

Tabela 2: Resumo descritivo das observações de precipitação pluviométrica total mensal e anual registradas em Cruzeiro do Sul, Acre, no período de 1970 a 2019.

Mês	Média (mm)	Mínima (mm)	Máxima (mm)	CV (%)
Janeiro	246,20	75,50	484,00	35,87
Fevereiro	246,20	61,80	454,80	35,71
Março	273,90	40,80	448,50	35,94
Abril	216,40	59,80	448,70	38,48
Maio	148,40	42,20	308,00	43,24
Junho	88,33	1,20	219,20	54,68
Julho	70,26	4,20	230,90	71,65
Agosto	77,28	10,50	194,70	46,62
Setembro	122,90	30,20	340,30	54,79
Outubro	196,70	62,60	508,70	47,49
Novembro	210,20	54,80	480,20	44,38
Dezembro	240,30	99,00	438,10	32,38
Anual	2.137,00	1.100,50	2.848,10	18,03

Ao avaliar as médias totais mensais e anuais dos 49 anos, verificou-se que na cidade de Cruzeiro do Sul há duas estações bem definidas, sendo uma chuvosa (outubro a abril) e uma

seca (maio a setembro) (Tabela 1). A determinação do período úmido e árido predominante em determinada região é importante, com relevância demonstrada em vários estudos, a exemplo daqueles executados por Pizzato *et al.* (2012), Silva *et al.* (2013), Mossini Junior *et al.* (2016) que, avaliando a distribuição de precipitação de Cáceres-MT, Sapezal-MT e Nova Mutum-MT, simultaneamente, também conseguiram alcançar e definir de forma sinuosa quais estações para as devidas cidades analisadas de secas e chuvosas. Seus resultados se assemelham ao que se observou no presente estudo, em que as regiões analisadas apresentaram duas estações bem definidas, sendo elas o período de seca (maio a setembro) e o chuvoso (outubro a abril).

Do resumo descritivo apresentado na Tabela 2, nota-se que o mês de março apresentou maior valor médio de precipitação total mensal para o período em análise, enquanto o menor valor foi atribuído ao mês de julho, típico de um mês subseco, com precipitações superiores a 60 mm, construída a partir da classificação climática de Nimer (1979). Tal informação é ratificada na (Figura 2). Nota-se, ainda, que o mês de dezembro, com coeficiente de variação igual a 32,38%, apresentou menor variação em relação ao valor médio de precipitação total mensal e que, juntamente com janeiro, fevereiro e março representam os meses com as menores variações pluviométricas encontradas nesses 49 anos avaliados.

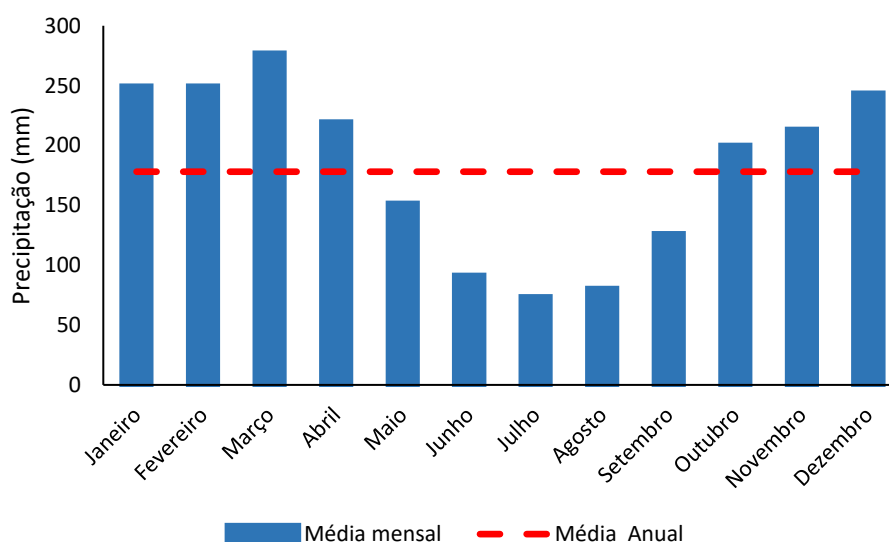
Por outro lado, constatou-se que a precipitação total mensal registrada para Cruzeiro do Sul apresentou uma grande variabilidade, com o coeficiente de variação compreendido no intervalo de 32,38% a 71,65%. Ficou evidente, ainda, que o maior valor ocorreu no período seco (baixo valor médio de precipitação total) e o menor estando associado ao período chuvoso.

Muitas são as causas que podem estar relacionadas a essa variabilidade verificada, incluídos os padrões de circulação atmosférica que prevalecem na região amazônica, além da influência de perturbações tanto em escala regional quanto global. Tais perturbações afetam o regime hidrológico da região em sua escala temporal (NOBRE *et al.*, 2007; NÓBREGA, 2014). Alguns processos tais como ENSO (El Niño – Oscilação Sul), ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul), AB (Alta da Bolívia) entre outros podem estar relacionados à variabilidade verificada, uma vez que o estudo sugerido por Santos *et al.* (2013) mostrou como parte de suas conclusões que fenômenos como estes influenciam o regime pluviométrico da Amazônia, onde está localizado a região em estudo. Além disso, verificou-se que a cidade de Cruzeiro do Sul apresentou valor médio da precipitação total anual de 2.137 mm para o período em destaque.

Em relação ao período de maior e menor concentração das chuvas, Silva *et al.* (2019) apresentam como parte de suas conclusões que o regime pluviométrico da região que abrange o município de Goiana, no estado de Pernambuco, é diferente dos resultados encontrados no

presente estudo. O referido estudo concluiu que o mês de junho é o mais chuvoso enquanto o mês de novembro é o que apresenta menor volume pluviométrico. Já o estudo conduzido por Bortoluzzi *et al.* (2019) obteve conclusões semelhantes ao presente estudo no regime de precipitação pluvial registrado na cidade de Gaúcha-PR, onde o comportamento da precipitação provável mensal, apresentaram chuvas bem distribuídas sobre o domínio (setembro a março) e os meses mais secos (correspondentes ao inverno). As ponderações revelam a importância de estudos em escala regional frente ao planejamento de atividades influenciadas pelo regime pluviométrico, especialmente nos projetos voltados ao setor agrícola, haja visto as particularidades de cada cultura e região.

Figura 2. Precipitação pluviométrica com média mensal entre janeiro e dezembro. E média anual para os anos 1970 a 2019.



No período analisado, o mês que teve a menor precipitação foi o de julho, com 70,3 mm (Figura 2), enquanto o mês que se teve a maior precipitação foi o mês de março, com 273,9 mm. Percebeu-se ainda que os meses tiveram distantes da média anual, tanto para mais quanto para menos, confirmando um período mais seco (maio a setembro) e um período notadamente chuvoso (outubro a abril). O município de Cruzeiro do Sul apresentou, durante a série histórica avaliada, média mensal anual de precipitação pluviométrica de aproximadamente 178,1 mm, representada pela linha pontilhada na Figura 2.

Os resultados evidenciam, adicionalmente, que os meses em que foram registradas as maiores médias mensais foram dezembro, janeiro, fevereiro e março, sendo que o mês de março apresentou o maior total médio de precipitação mensal, com 273,9 mm, enquanto o mês de julho observou-se a menor média, com 70,3 mm. Resultados parecidos foram encontrado como

parte das conclusões do trabalho apresentado por Souza *et al.* (2018), que obteve-se uma média anual de precipitação de 1.017,11 mm, com alta variabilidade entre os anos em estudo, e que o mês com maior média de precipitação foi dezembro e menor foi observado no mês de julho. Resultados inversos são encontrados por Bezerra *et al.* (2010) concluindo que as variabilidades da precipitação mensal para o município de Porto Velho-RO entre os decênios, em todos os meses, não ultrapassaram 85 mm nos meses chuvosos e apenas 28 mm nos meses de estiagem.

4. CONCLUSÕES

Os resultados do presente estudo permitiram concluir que os registros pluviométricos na cidade de Cruzeiro do Sul apontam um período seco, compreendido de maio a setembro e um período notadamente chuvoso, de outubro a abril. Para a série estudada obteve-se um total de precipitação mensal médio anual de 178,1 mm para cada mês, tendo o mês de março o maior valor médio de precipitação total mensal para o período em análise, enquanto o menor valor foi registrado para o mês de julho.

Os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março são os meses que apresentam as menores variações pluviométricas para os 49 anos avaliados, com coeficiente de variação menor ou igual a 35,94%. Além disso foi verificado que a precipitação mensal registrada para Cruzeiro do Sul apresentou grande variabilidade, com intervalo de 32,38% a 71,65% no coeficiente de variação, tendo o maior valor atribuído ao período seco (baixo valor médio de precipitação total) e o menor associado ao período chuvoso.

5. REFERÊNCIAS

ALVES, J. O.; PEREIRA, P. C.; QUEIROZ, M. G.; SILVA, T. G. F.; FERREIRA, J. M. S.; JÚNIOR, G. N. A. Índice de anomalia de chuva para diferentes mesorregiões do estado de Pernambuco. **Pensar Acadêmico**, v.14, n.1, p.37-47, 2016.

BEZERRA, R. B.; DANTAS, R. T.; TRINDADE, A. G. Caracterização temporal da precipitação pluvial do município de Porto Velho/RO no período de 1945 a 2003. **Sociedade & Natureza**, v.22, n.3, p.609-623, 2010.

BORTOLUZZI, D. D'O.; PRADO, G.; HARA, A. T.; SOUZA, A. C. S. Precipitação mensal provável no noroeste do Paraná. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.13, n.2, p.3314 - 3326, 2019.

BRITTO, P. F.; BARLETTA, R.; MENDONÇA, M. Variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial no Rio Grande do Sul: influência do fenômeno El Niño Oscilação Sul. In: **Revista Brasileira de Climatologia**, v.3/4, p.37- 48, 2008.

COUTINHO, E. de C.; ROCHA, E. J. P.; LIMA, A. M. M.; GUTIERREZ, L. A. C. L.; BARBOSA, A. J. S. B.; PAES, G. K. A. A.; BISPO, C. J. C.; TAVARES, P. A. Variabilidade climática da precipitação na bacia amazônica brasileira entre 1982 e 2012. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, p.476-500, 2018.

DINIZ, J. M. T., Variabilidade da precipitação e do número de dias com chuvas de duas cidades distintas da Paraíba, **Holos**, v. 3, p. 171-180, 2013.

FREITAS, A. R. P.; PAIVA, L. E. B. Revisão da produção científica internacional de brasileiros acerca das mudanças climáticas. **Revista de Gestão Social e Ambiental**. v. 12, n. 3, p.95-113, 2018.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>. Acessado em 04 de janeiro de 2021.

LOBATO, W. T. S.; ALMEIDA, G. M.; ALVES, K. N. A.; SOUZA, A. M. B.; LIMA, B. M.; LIMA, E. S. F.; SOUZA, A. A. S.; LIMA, M. J. A. Precipitação pluviométrica mensal e anual do município de Tracuateua, Pará. **Agroecossistemas**, v.10, n.2, p.255-272, 2018.

MARIN, F. R.; SENTELHAS, P. C.; NOVA, A. V. Influência dos fenômenos El Niño e La Niña no clima de Piracicaba, SP. In: **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.15, n.1, p.123-129, 2000.

MEDEIROS, R. M. Mudanças do ENSO com relação à precipitação e dias com chuva em Recife - PE, Brasil. **Revista Mirante**, v.11, n.8, p.222 – 240, 2018.

MEDEIROS, R. M.; BRITO, J. I. B.; SILVA, V. M. A.; MELO, V. S.; COSTA NETO, F. A. El Niño/La Niña e sua influência no número de dias com chuva em Bom Jesus – Piauí, Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.11, n.2, p.16-23, 2016.

MOREIRA, J. G. V.; CRAVEIRO, R. L.; SERRANO, R. O. P.; FORMOLO, A. K. Temporal trend and frequency of maximum precipitations in Cruzeiro do Sul, Acre, Brazil. **Nativa**, v. 4, n. 2, p. 97-102, 2016.

MOREIRA, J. G. V.; AQUINO, A. P. V.; MESQUITA, A. A.; MUNIZ, M. A.; SERRANO, R. O. P. Stationarity in Annual Daily Maximum Streamflow Series in the Hydrographic Basin of the Upeer Jurá River, Western Amazon. **Revista Brasileira de Geografia Física**. V. 12, n. 2, p. 705-713, 2019.

MOREIRA, J. G. V.; MUNIZ, M. A.; MAIA, G. F. N.; MESQUITA, A. A.; PEREIRA, L. B.; SERRANO, R. O. P. Franquency Analysis of maximum flows recorded in the upper Jurua river basin, Acre, Brazil. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, v. 7, n. 2, p. 23-36, 2020.

MOSSINI JUNIOR, D., RAMOS, H.C., DALLACORT, R., SILVA, F.S. distribuição e probabilidade de precipitação para Nova Mutum, Mato Grosso, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, v. 13, n. 24, p. 435-447, 2016.

NOBRE, C. A.; SAMPAIO, G.; SALAZAR, L. Mudanças climáticas e Amazônia. **Ciência e Cultura**, v. 59, n. 3, p. 22-27, 2007.

NÓBREGA, R. S. Impactos do desmatamento e de mudanças climáticas nos recursos hídricos na Amazônia ocidental utilizando o modelo SLURP. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, n. esp., p. 111-120, 2014.

NIMER, E. Um modelo metodológico da classificação de climas. **Revista Brasileira de Geografia - IBGE**, v. 41, n. 4, p. 59-89, 1979.

OLIVEIRA, L. F. C.; FIOREZE, A. P.; MEDEIROS, A. M. M.; SILVA, M. A. S. Comparação de metodologias de preenchimento de falhas de séries históricas de precipitação pluviométrica anual. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 11, p. 1186-1192, 2010.

PIZZATO, J. A.; DALLACORT, R.; TIEPPO, R. C.; MODOLO, A. J.; CREMON, C.; MOREIRA, P. S. P. Distribuição e probabilidade de ocorrência de precipitação em Cáceres (MT). **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 2, p. 137-142, 2012.

SANTOS, D. C.; MEDEIROS, R. M.; CORREIA SANTOS, D.; BRITO, J. I. B. Variabilidade climática de regiões pluviométricamente homogêneas na Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 4, p. 903-918, 2013.

SANTOS, R. A.; MARTINS, D. L.; SANTOS, R. L. Balanço hídrico e classificação climática de Köppen e Thornthwaite no município de Feira de Santana (BA). **Geo UERJ**, n.33, p.1-17, 2018.

SCHAAB, L. L. Impacto dos efeitos El Niño e La Niña sobre o setor agrícola brasileiro: uma análise de insumo-produto. **Revista da FAE**, v.21, n.2, p.131-146, 2018.

SILVA, J. R. S.; MESQUITA, A. A.; SERRANO, R. O. P.; MOREIRA, J. G. V. Produtividade de mandioca na mesorregião Vale do Juruá, Acre, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, v.17, n.33, p.381-391, 2020.

SILVA, E. G. F. A.; POLYCARPO, J. S. M.; MELO, R. F.; MOUSINHO, F. H. G.; OLIVEIRA FILHO, J. E.; CORREA, M. M. Determinação de precipitação provável mensal para o município de Goiana-PE. **Revista GEAMA**, v. 5, n. 1, p. 41-46, 2019.

SILVA, E. S., ZAVISLAK, F. D., DALLACORT, R., CARVALHO, M. A. C., ARAUJO, D. V. Distribuição de probabilidade de chuva no município de Sapezal, MT. **Enciclopédia Biosfera**, v.9, n.17, p.1112-1122, 2013.

SOUZA, D. O.; OLIVEIRA, F. G.; CASTRO, I. L.; SOARES, J. B. S.; REIS, M. M.; FIGUEIREDO, F. P. Frequência de ocorrência de precipitação pluviométrica em Montes Claros-MG. **Revista Agrarian**, v.11, n.42, p.337-342, 2018.






ANEXO III – Artigo publicado na Revista Ambiente & Água



Probability of rainfall for the city of Cruzeiro do Sul, Acre, Brazil

ARTICLES doi:10.4136/ambi-agua.2593

Received: 09 Jun. 2020; Accepted: 03 Nov. 2020

**Jefferson Rodrigues dos Santos Silva¹; Matheus Kucmanski Taveira²;
Rodrigo Otávio Peréa Serrano¹; Anderson Azevedo Mesquita³;
José Genivaldo do Vale Moreira^{4*}**

¹Programa de Pós-Graduação em Ciência, Inovação e Tecnologia para a Amazônia (PPG-CITA).
Departamento de Filosofia e Ciências Humanas. Universidade Federal do Acre (UFAC),
Rodovia BR 364, Km 04, CEP: 69920-900, Rio Branco, AC, Brazil.
E-mail: jeffersonrodriguesssilva@gmail.com, ropereas@gmail.com

²Departamento de Agronomia. Universidade Federal do Acre (UFAC), Rodovia BR 364, Km 04,
CEP: 69920-900, Rio Branco, AC, Brazil. E-mail: matheustaveira.mt23@gmail.com

³Departamento de Filosofia e Ciências Humanas. Universidade Federal do Acre (UFAC), Rodovia BR 364,
Km 04, CEP: 69920-900, Rio Branco, AC, Brazil. E-mail: amgeoufac@hotmail.com

⁴Universidade Federal do Acre (UFAC), Campus Floresta, Gleba Formoso, Lote 245, CEP: 69980-000, Cruzeiro
do Sul, AC, Brazil.

*Corresponding author. E-mail: genivaldofac@gmail.com

ABSTRACT

Due to randomness in the occurrence of hydrological phenomena, the estimation of probable rain precipitation in a given region is important in assisting decision-making. This work aimed to adjust the probabilistic model of the Gamma distribution to the monthly and annual rainfall totals recorded in the city of Cruzeiro do Sul, Acre, for the period between 1970 and 2019, in addition to estimating the expected values at different probability levels. Using the maximum likelihood method, the distribution parameters were estimated, with adherence ratified by the Kolmogorov-Smirnov test. The results showed that the Gamma distribution was adequate to adjust the data; the region has two well-defined periods in its rainfall pattern; the mean precipitation values recorded in the locality are between 25% and 40% of probability. Finally, probable rainfall values were presented at different probability levels for the city of Cruzeiro do Sul.

Keywords: agricultural planning, expected rain precipitation, probability distribution.

Probabilidade de precipitação para a cidade de Cruzeiro do Sul, Acre, Brasil

RESUMO

Devido a aleatoriedade na ocorrência dos fenômenos hidrológicos, a estimação das precipitações prováveis em determinada região é importante para auxiliar na tomada de decisão. O presente trabalho objetivou ajustar o modelo probabilístico da distribuição Gama aos totais mensais e anuais de precipitação pluviométrica registrados na cidade de Cruzeiro do Sul, Acre, para o período compreendido entre 1970 e 2019, além de estimar os valores esperados em diferentes níveis de probabilidade. Valendo-se do método da máxima verossimilhança foram



estimados os parâmetros da distribuição, com aderência ratificada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. Os resultados apontaram que: a distribuição Gama mostrou-se adequada ao ajuste dos dados; a região possui dois períodos bem definidos em seu padrão pluviométrico; os valores médios de precipitação registrados na localidade estão entre 25% e 40% de probabilidade. Finalmente, foram apresentados valores prováveis de precipitação pluviométrica em diferentes níveis de probabilidade para a cidade de Cruzeiro do Sul.

Palavras-chave: distribuição de probabilidades, planejamento agrícola, precipitação esperada.

1. INTRODUCTION

Rainfall is a meteorological event with great influence on environmental conditions, as well as on various human activities. In fact, rain is a hydrological element that triggers many other processes, as it is the entry component into the water balance of a region, and the results of such interactions have influenced human activities for milenia (Moreira *et al.*, 2016; Passos *et al.*, 2017; Miguez *et al.*, 2018; Santos *et al.*, 2019).

Rain is the beginning of a process that results in providing basic human needs and boosting important activities, such as industry, agriculture, energy transformation, etc. In modern society, the hydrological elements related to rainfall strongly influence the social and economic development of nations (Baptista and Coelho, 2010; Moreira *et al.*, 2016).

According to Martins *et al.* (2010), of all segments of the economy, agriculture represents the sector presenting the greatest dependence on climatic variables, especially concerning rainfall, whose impact is responsible for significant fluctuations over the years.

The region under study, for example, has cassava cultivation as the main agricultural product, which is important even in the national market. This crop culture, in turn, depends heavily on the spatial and temporal distribution of rainfall (Brito *et al.*, 2019). Therefore, the results verified in the present study suggest favorable conditions for cassava cultivation, since they point to good rainfall distribution in the region, which presented a monthly average of more than 70 mm, even in the less rainy months.

In this sense, the study conducted by Flores (2015) points out that, in the state of Acre, the cultivation of cassava crops is concentrated in the months at the start of the rainy season (October to December), ensuring the supply of water, indispensable for the initial growth of plants. The adequate rainfall amount is between 1,000 and 1,500 mm/year, well distributed; however, the crop produces reasonably well in localities with rainfall indexes of up to 4,000 mm/year, when this occurs on well drained soils (Souza *et al.*, 2006).

Therefore, previous knowledge about the behavior of the rainfall regime in a particular region is of fundamental importance for agricultural planning, because the success of activities involving the sector is directly linked to the occurrence and magnitude of rainfall (Arai *et al.*, 2009; Souza *et al.*, 2018). Cassava crop, for example, of which Brazil is the fourth largest producer in the world, demands climatic conditions as a regulatory factor of its production, especially concerning the precipitation regime, which requires effective management of soil and drainage conditions (Martins *et al.*, 2010; Soman *et al.*, 2016; Moreto *et al.*, 2018).

Given the importance of rainfall, especially in a regional context, the need to quantify and/or predict its occurrences has become an essential condition for the development of agricultural activities, besides many other productive segments. Thus, scientific and technological advances allowed the creation of efficient instruments aiming at this purpose, especially those proposed taking into consideration the basic characteristic of randomness present in the occurrence of these phenomena (Moreto *et al.*, 2018; Bortoluzzi *et al.*, 2019).

Because rainfall is a phenomenon dependent on several stochastic factors, the use of models inserted in the scope of probability distributions becomes coherent, which allows,

among other things, the estimation of probable amounts of monthly or annual rain precipitation for a given locality. These instruments are important tools to assist decision-making in the planning of various activities related to agriculture, livestock, civil construction, transportation, etc. (Pizzato *et al.*, 2012; Passos *et al.*, 2017).

Indeed, the statistical modeling in hydrological studies is extremely important regarding the prediction of events associated with the probability of their occurrences, as elucidated by the study conducted by Abreu *et al.* (2018). In the work, the authors inserted the probability models in the relationship of practices allied to the rational planning of the various activities that depend on the dynamics involved in the occurrence of rainfall. In turn, Costa and Fernandes (2015) considered it as one of the basic stages sustaining decision-making, especially in the present context, whose theme is recurrent in the literature of the specialty.

In this sense, there are several distributions to be adjusted to the temporal record of hydrological variables. In the present context, in which it is proposed to estimate the total amounts of probable rainfall in the city of Cruzeiro do Sul, State of Acre, Brazil, contextualized in monthly and annual intervals, the Gamma distribution presents assumptions that give it prominence among the others (Teixeira *et al.*, 2013; Bermudez *et al.*, 2017; Abreu *et al.*, 2018).

In the light of these considerations, the aim of the present work was to estimate the probable values of rainfall amount, at different probability levels, for the city of Cruzeiro do Sul, Acre, Brazil, based on the recorded events occurred in the period between 1970 and 2019, records of which are made available by the National Institute of Meteorology – INMET.

Among many factors to support the research, the productive potential of the region stands out, especially for the cassava cultivation, influenced by its pluviometric regime, which can impact both agricultural activity and other segments.

In addition, the realization of this work is justified, since the estimated values of rainfall precipitation can be influenced over time, due to several factors, among them, the climatic changes credited to anthropic actions, as well as those related to the natural climate variability that, collectively or in isolation, have an effect on the hydrological processes operating in the region (Moreira *et al.*, 2019; Marengo and Souza Júnior, 2018).

2. MATERIALS AND METHODS

The city of Cruzeiro do Sul is located in the Vale do Juruá region, in the state of Acre. The predominant climate in the region, according to the Köppen classification, is the humid tropical (Af), with an average annual temperature of approximately 24.5°C (Moreira *et al.*, 2016; 2019). However, given the nature of the work, Nimer's model was adopted as a reference, which seeks to integrate traditional and dynamic methods to better understand the complex ecological relationships of Brazilian biodiversity (Nimer, 1979). The climatic classification of Nimer (1979), prioritizes the influence of temperature and humidity on climatic diversity, and in turn, it is based on dynamic climatology and the rhythm of air masses. Thus, for the studied region, the Equatorial hot climate type is observed, with a daily average temperature above 18°C in all months, and with the distribution of humidity of the super-humid type to the sub-dry type (Figure 1).

The region has a drier period (May to September) and a notably rainy period (October to April), with annual rainfall averages of approximately 2,000 mm (Moreira *et al.* 2016; 2019). Therefore, it is observed that among the three zones of humidity variation identified in the classification of Nimer (1979), the Cruzeiro do Sul region is highlighted for having the highest moisture distribution.

In this work, the total monthly and annual rainfall data was used, computed for the city of Cruzeiro do Sul, during the period from 1970 to 2019, recorded at the meteorological station 82704 (7°38' S; 72°40' W, in datum WGS84), operated by the National Institute of Meteorology (INMET) (Souza *et al.*, 2011; Moreira *et al.*, 2019) (Figure 1). There are occasional failures in

the records in the years 1991 and 1992, corresponding to 4% of the records, whose monthly values were filled out using the regional weighting method (Oliveira *et al.*, 2010).

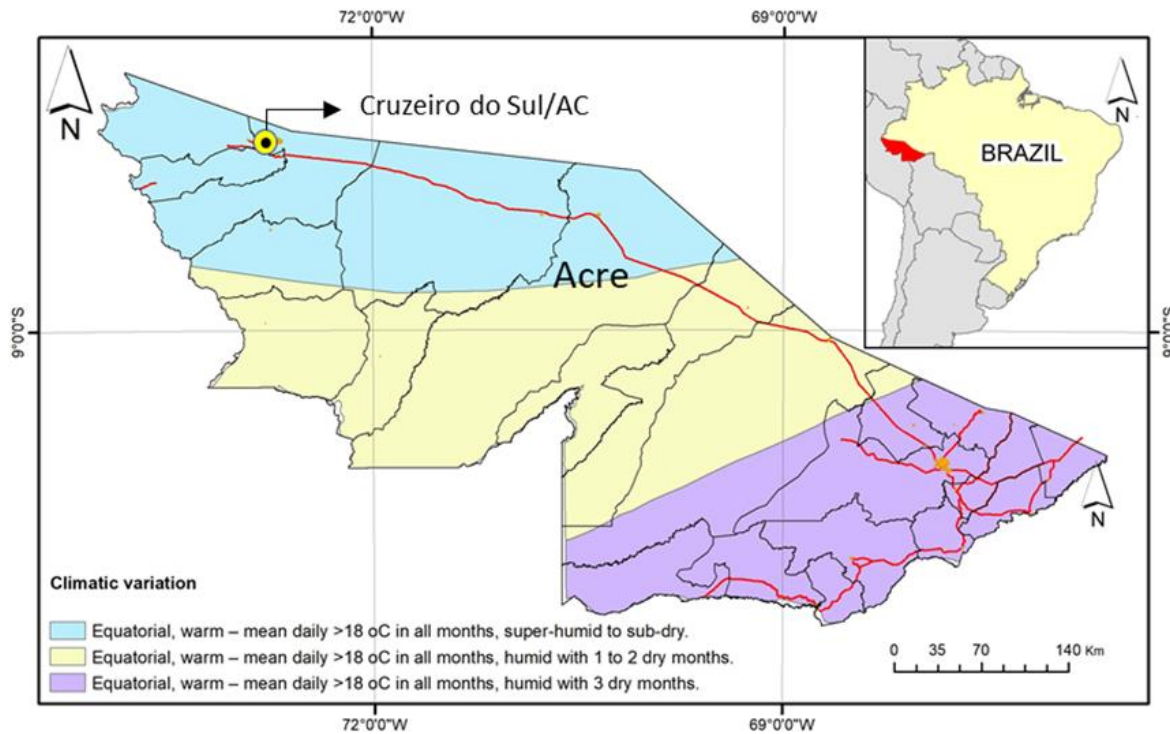


Figure 1. Location of the city of Cruzeiro do Sul and climatic variation throughout the State of Acre (Brazil).

Source: IBGE, 2018.

The data were adjusted to the Gamma distribution, which according to Araújo *et al.* (2001) and Bazame *et al.* (2018) is the most-used formulation to adjust total rainfall records. According to Passos *et al.* (2017), the Gamma distribution has been positively reported in several studies as a reliable probability distribution for the analysis of total rainfall. The authors used it to estimate the probable rainfall at different levels of probability for the Municipality of Chapadinha-MA. Dallacort *et al.* (2011) used the Gamma distribution in a study of total rainfall distribution in the city of Tangará da Serra, Mato Grosso, and reported satisfactory results.

The distribution parameters were estimated using the maximum likelihood method (Araújo *et al.*, 2001; Barbieri *et al.*, 2019). From there, the probable rainfall for the city of Cruzeiro do Sul was determined at different probability levels. As described by Araújo *et al.* (2001) and Martins *et al.* (2010), the cumulative function of probabilities of the distribution (CFP) of Gamma is given by Equation 1:

$$F(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)\beta^\alpha} \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} dx \quad (1)$$

In Equation 1, α is the shape parameter and β is the scale parameter; e is the basis of the Napierian logarithm; x represents the total rainfall (mm); and $\Gamma(\alpha)$ is the symbol of the Gamma function, defined according to the function (Equation 2):

$$\Gamma(\alpha) = \sqrt{2\pi} \alpha^\alpha e^\alpha \left(1 + \frac{1}{12\alpha} + \frac{1}{288\alpha^2} - \frac{139}{51840\alpha^3} \right) \quad (2)$$

As described by Araújo *et al.* (2001) and Teixeira *et al.* (2013), the parameters that allow the cumulative Gamma distribution, estimated by the maximum likelihood method, are determined by the following Equations (3 and 4):

In which:

$$\beta = \frac{\bar{x}}{\alpha} \quad e \quad \alpha = \frac{1}{4A} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \quad (3)$$

$$A = \ln(\bar{X}) - X_g \quad (4)$$

In Equation 4, \bar{X} represents the arithmetic mean of the observation series, X_g the geometric mean, and N represents the number of elements in the historical series under test.

The adherence of data adjustment to the Gamma distribution was verified using the Kolmogorov-Smirnov test (KS test), at the significance level of 5% (Marsaglia *et al.*, 2003; Silva, 2015; Moreira *et al.*, 2016).

Finally, the probable rainfall quantiles associated with probability levels of 5, 10, 25, 40, 50, 60, 75, 90, and 95% were determined. It should be noted that, because the calculations would require too much effort and complex routine, they were carried out using statistical software specially designed for this purpose, such as the packages base and fitdistrplus R packages (Delignette-Muller and Dutang, 2015; R Core Team, 2019) in addition to the ALEA (Local Frequency Analysis of Annual Events) (Lima *et al.*, 2015).

3. RESULTS AND DISCUSSION

Table 1 presents a descriptive summary related to total, monthly, and annual rainfall recorded for the city of Cruzeiro do Sul, Acre, for the period from 1970 to 2019.

Table 1. Descriptive summary of total, monthly, and annual rainfall observations recorded in Cruzeiro do Sul, Acre, from 1970 to 2019. Estimated parameters α (form) and β (scale) of the Gamma distribution and test and p-value statistics referring to the Kolmogorov-Smirnov adherence test for the data under analysis.

Month	Mean (mm)	Minimal (mm)	Maximal (mm)	CV (%)	α (form)	β (scale)	Test KS	
							D _{calc}	p-value
January	246.20	75.50	484.00	35.87	7.12	34.57	0.10	0.69 ^{NS}
February	246.20	61.80	454.80	35.71	6.78	36.31	0.09	0.85 ^{NS}
March	273.90	40.80	448.50	35.94	6.41	42.71	0.11	0.62 ^{NS}
April	216.40	59.80	448.70	38.48	6.37	33.95	0.11	0.55 ^{NS}
May	148.40	42.20	308.00	43.24	5.16	28.72	0.11	0.61 ^{NS}
June	88.33	1.20	219.20	54.68	2.68	33.01	0.09	0.82 ^{NS}
July	70.26	4.20	230.90	71.65	1.87	37.63	0.08	0.83 ^{NS}
August	77.28	10.50	194.70	46.62	4.24	18.21	0.11	0.56 ^{NS}
September	122.90	30.20	340.30	54.79	3.31	37.05	0.10	0.69 ^{NS}
October	196.70	62.60	508.70	47.49	5.26	37.39	0.15	0.20 ^{NS}
November	210.20	54.80	480.20	44.38	5.09	41.24	0.06	0.99 ^{NS}
December	240.30	99.00	438.10	32.38	9.49	25.31	0.09	0.81 ^{NS}
Annual	2,137.00	1,100.50	2,848.10	18.03	27.60	77.42	0.13	0.39 ^{NS}

CV = Coefficient of Variation; NS = Not significant, at significance level 5%.

From the descriptive summary presented in Table 1, it was observed that the month of March presented the highest average value of total monthly precipitation for the period under

analysis, while the lowest value was observed for the month of July, which is typical for a sub-arid month, with precipitations greater than 60 mm, constructed based in the climate classification of Nimer (1979).

It was also verified that the total monthly precipitation recorded in Cruzeiro do Sul presented great variability, with a coefficient of variation between 32.38% and 71.65%, being the highest value observed during the dry period (low average value of total monthly precipitation), whereas the lowest variation is associated with the rainy season. Many causes can be related to the variability observed, including the atmospheric circulation patterns prevalent in the Amazon region, influenced by disturbances both on a regional and global scale. Such disturbances affect the hydrological regime of the region in its temporal scale (Nobre *et al.*, 2007; Nóbrega, 2014). In addition, other processes such as ENSO (El Niño - Southern Oscillation), SACZ (Southern Atlantic Convergence Zone), among others, may be related to this variability, since the study proposed by Santos *et al.* (2013) presented as part of its conclusions that such singularities influence the rainfall regime of the Amazon, which encompasses the region under study. In addition, it was found that the city of Cruzeiro do Sul presented an average annual rainfall value of 2,137 mm for the period under study.

The descriptive values also show that the locality under study has a rainfall pattern characterized by two well-defined periods: a sub-arid period, according to the climatic classification of Nimer (1979), between the months of May to September, with emphasis on the months of July and August, which presented the lowest mean values of rainfall (Table 1); and a remarkably rainy period, specially from October to April. This verification confirms the characteristics reported by Moreira *et al.* (2016), whose study also analyzed the rainfall regime in the city of Cruzeiro Sul, but with a different objective than that of this work.

Regarding the period of higher and lower rainfall concentration, the conclusions presented in the study conducted by Silva *et al.* (2019) indicate that the rainfall regime of the region that covers the municipality of Goiana, in the state of Pernambuco, Brazil, is different than the results found in the present study. In their work, the authors conclude that the month of June is the rainiest, while the month of November has the lowest volume of rainfall. The study conducted by Bezerra *et al.* (2010), obtained results similar to the present study on the rainfall regime, registered in Porto Velho. The comparisons reveal the importance of studies on a regional scale in relation to the planning of activities that are impacted by the rainfall regime, especially in projects focused on the agricultural sector, because of the particularities of each kind of crop culture and region.

Table 1 also presents the estimated parameters of the Gamma distribution (α and β), in addition to the results related to the Kolmogorov-Smirnov adherence test (KS test). The results from the KS test were sufficient to conclude that the Gamma distribution was adequately adjusted to the observed rainfall records, both monthly and annual, because the p-value associated with each statistic calculated value of the test was higher than the level of significance adopted (5%). This conclusion is in accordance with that presented in the study proposed by Silva *et al.* (2019), where the authors attest that this distribution can thus be used to estimate amounts of probable rainfall.

In relation to the parameters of form and scale (α and β), estimated by the maximum likelihood method, they were adequate to the rainfall data analyzed, both in monthly and annual interstices, since none of the estimated values for the scale parameter was higher than 100, which condition recommends the use of the Gamma distribution for the determination of probable precipitation values, as reported in several studies (Araújo *et al.*, 2001; Martins *et al.*, 2010; Silva *et al.*, 2019). In relation to the form parameter, Silva *et al.* (2019) point out that it should not exceed the value of 10. Thus, the values estimated from the rainfall observations analyzed were below the limiting value and, therefore, the distribution, as it is proposed, is adequate to the estimate of probable rainfall values in the city of Cruzeiro do Sul, and thus it is

maintained.

It was verified, in the present study, that the interannual variation of the values of total monthly precipitation recorded in Cruzeiro do Sul, represented in Table 1 by the coefficient of variation (CV), is higher for the months in which the form parameter (α) presents its lowest values. The interval is coincident with the dry period, in which the lowest average values of the monthly rainfall records are concentrated.

The study conducted by Martins *et al.* (2010) presented an inverse conclusion to that of the present study, regarding the relationship between the interannual variation and the form parameter. However, the conclusions of both converge to the indication that this parameter can be used in the determination of regular periods of precipitation.

Table 2 lists the values of probable monthly and annual rainfall at different probability levels estimated for the city of Cruzeiro do Sul according to the Gamma distribution. The results presented show that, in general, the average values of total rainfall, both monthly and annual, recorded for the city of Cruzeiro do Sul during the period in study, are equivalent to estimated values included in the range between the levels of 25% and 40% of probability (Table 1). This characteristic is observed in many studies related to probable rainfall for different regions and/or hydrological contexts (Martins *et al.*, 2010; Passos *et al.*, 2017). On the other hand, there are reports in which the average records, although close to values verified in this study, are in a different range of probability levels, as was verified by Silva *et al.* (2013), who studied distribution of rainfall in the city of Sapezal, State of Mato Grosso, Brazil.

The probable rainfall values, shown in Table 2, are important elements to support the rational planning of activities that depend on this hydrological variable, such as agricultural activity. Since the region under study has potential for cassava cultivation (Brito *et al.*, 2019), the probable rainfall values with a certain margin of confidence promote more consistent decision-making in agricultural planning and for the most diverse areas of knowledge.

It is noteworthy, nevertheless, that both the scientific community and other organizations are already reaching the consensus that the impacts of climate change (on a global and/or regional scale) are already influential on the Amazon. As a result, the rainfall regime in the region under study may change its patterns and, consequently, the estimated values, since hydrological processes, especially rainfall regime, are quite sensitive to climate change (Moreira *et al.*, 2019; Marengo and Souza Júnior, 2018).

4. CONCLUSIONS

The study produced satisfactory results that may serve as a catalyst for further discussion and development, and reached the following conclusions: 1) The Gamma probability model was adequately adjusted to the total monthly and annual rainfall data computed for the city of Cruzeiro do Sul, Acre; 2) The region under study presents a rainfall pattern defined in two well-defined periods: a sub-dry period, between the months of May and September, in special the months of July and August, in addition to a remarkably rainy period, more evident in the period from October to April; and, 3) The average values of total precipitation, both monthly and annually, recorded in the city of Cruzeiro do Sul during the period from 1970 to 2019, are equivalent to estimated values included in the range between the levels of 25 % and 40 % of probability.

The conclusions are in accordance with the study's objectives, and will serve as a basis for further studies in the region. It will also provide support and decision-making tools, especially with regard to agricultural activity, which depends on estimated rainfall values.

It is important to emphasize that, even with favorable results, it is not intended that the discussion end here; rather, hypotheses regarding the behavior of phenomena that operate in the region must be evaluated, and future studies with suitable methodology must be conducted in similar and dissimilar regions as appropriate.

Table 2. Probable monthly and annual rainfall for the city of Cruzeiro do Sul, Acre, at different probability levels, estimated according to the Gamma probability distribution.

Month	Probable pluviometric precipitation (mm)								
	5%	10%	25%	40%	50%	60%	75%	90%	95%
January	414.86	369.28	300.57	258.20	234.73	212.74	179.33	137.79	116.43
February	419.47	372.45	301.73	258.24	234.20	211.70	177.63	135.43	113.85
March	472.53	418.34	337.06	287.23	259.76	234.10	195.34	147.59	123.30
April	373.90	330.92	266.46	226.96	205.18	184.85	154.15	116.35	97.14
May	269.50	235.79	185.75	155.47	138.94	123.64	100.79	73.26	59.59
June	191.62	160.67	116.43	90.96	77.58	65.61	48.62	29.94	21.65
July	170.35	138.89	95.02	70.63	58.19	47.33	32.53	17.47	11.42
August	147.48	127.54	98.24	80.74	71.29	62.61	49.82	34.75	27.47
September	250.67	213.37	159.33	127.65	110.78	95.48	73.35	48.14	36.46
October	335.73	311.55	245.92	206.17	184.44	164.31	134.23	97.9	79.84
November	383.01	334.85	263.39	220.20	196.64	174.82	142.30	103.15	83.76
December	381.27	344.07	287.31	251.79	231.90	213.08	184.13	147.31	127.91
Annual	2,847.02	2,671.97	2,395.46	2,215.18	2,111.20	2,010.53	1,850.39	1,635.06	1,514.73

5. ACKNOWLEDGEMENTS

The authors wish to thank UFAC, INMET, CAPES, and the CNPq for financially supporting this research.

6. REFERENCES

- ABREU, M. C.; CECILIO, R. A.; PRUSKI, F. F.; SANTOS, G. R.; ALMEIDA, L. T.; ZANETTI, S. S. Critérios para escolha de distribuições de probabilidades em estudos de eventos extremos de precipitação. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, n. 4, p. 601-613, 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/0102-7786334004>
- ARAI, F. K.; GONÇALVES, G. G. G.; PEREIRA, S. B.; PEIXOTO, P. P. P. Estudo do comportamento pluviométrico na região de Dourados, MS. **Revista Agrarian**, v. 2, n. 6, p. 105-112, 2009.
- ARAÚJO, W. F.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; MEDEIROS, R. D.; SAMPAIO, R. A. Precipitação pluviométrica mensal provável em Boa Vista, Estado de Roraima, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 3, p. 563-567, 2001. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662001000300032>
- BAPTISTA, M. B.; COELHO, M. M. L. P. **Fundamentos de engenharia hidráulica**. Belo Horizonte: UFMG, 2010. 473p.
- BARBIERI, J. D.; DALLACORT, R.; FREITAS, P. S. L.; ARAÚJO, D. V.; TIEPPO, R. F.; FENNER, W. Effects of the ENSO on variability of precipitation and air temperature in agricultural regions do Mato Grosso State. **Journal of agricultural Science**, v. 11, n. 9, p. 91-102, 2019. <https://dx.doi.org/10.5539/jas.v11n9p91>
- BAZAME, H. C.; ALTHOFT, D.; FILGUEIRAS, R.; ALVES, E. S. Rainfall spatio-temporal distribution of Western Bahia. **Water Resources and Irrigation Management**, v. 7, n. 2-3, p. 20-30, 2018.
- BERMUDEZ, V. A. B.; ABILGOS, A. B. B.; CUARESMA, D. C. N.; RABAJANTE, J. F. Probability Distribution of Philippine Daily Rainfall Data. **Preprints**, 2017. <https://dx.doi.org/10.20944/preprints201712.0150.v1>
- BEZERRA, R. B.; DANTAS, R. T.; TRINDADE, A. G. Caracterização temporal da precipitação pluviométrica do município de Porto Velho/RO no período de 1945 a 2003. **Revista Sociedade & Natureza**, v. 22, n. 3, p. 609-623, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1982-45132010000300015>
- BORTOLUZZI, D. D.; PRADO, G.; HARA, A. T.; SOUZA, A. C. S. Precipitação mensal provável no noroeste do Paraná. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 13, n. 2, p. 3314-3326, 2019. <https://dx.doi.org/10.7127/rbai.v13n2001030>
- BRITO, R. S.; BRITO, RYCHAELLEN S.; MOREIRA, J. G. V.; OLIVEIRA, A. V. Produtividade de mandioca na região do Vale do Juruá, Amazônia Ocidental. **Scientia Naturalis**, v. 1, n.1, p. 1-9, 2019.
- COSTA, K. T.; FERNANDES, W. S. Avaliação do tipo de distribuição de probabilidades das vazões máximas diárias anuais no Brasil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, n. 2, p. 442-451, 2015.

- DALLACORT, R.; MARTINS, J. A.; INOUE, M. H.; FREITAS, P. S. L.; COLETTI, A. J. Distribuição das chuvas no município de Tangará da Serra, médio norte do Estado de Mato Grosso, Brasil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, n. 2, p. 193-200, 2011. <https://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v33i2.5838>
- DELIGNETTE-MULLER, M. L.; DUTANG, C. Fitdtrplus: An R Package for Fitting Distributions. **Journal of Statistical Software**, v. 8, p. 1-34, 2015.
- FLORES, P. S. **Cultivares de mandioca para a produção de farinha no estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2015.
- IBGE. **Clima do Brasil**. 1:500.000. Available at: http://www.dados.gov.br/dataset/cren_climadobrasil_5000. Access: Dec. 2020.
- LIMA, F. N.; NAGHETTINI, M.; ESPÓSITO, T. Avaliação da probabilidade de galgamento de barragem da PCH de Cajuru por simulação de Monte Carlo. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, n. 3, p. 722-730, 2015.
- MARENGO, J. A.; SOUZA JÚNIOR, C. **Mudanças Climáticas: impactos e cenários para a Amazônia**. São Paulo: ALANA, 2018.
- MARSAGLIA, G.; TSANG, W. W.; WANG, J. Evaluating Kolmogorov's Distribution. **Journal of Statistical Software**, v. 8, n.18, p. 1-4, 2003.
- MARTINS, J. A.; DALLACORT, R.; INOUE, M. H.; SANTI, A.; KOLLING, E. M.; COLETTI, A. J. Probabilidade de precipitação pluviométrica para a microrregião de Tangará da Serra, Estado do Mato Grosso. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 3, p. 291-296, 2010.
- MIGUEZ, M. G.; DI GREGÓRIO, L. T.; VERÓL, A. P. **Gestão de riscos e desastres hidrológicos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.
- MOREIRA, J. G. V.; CRAVEIRO, R. L.; SERRANO, R. O. P.; FORMOLO, A. K. Temporal trend and frequency of maximum precipitations in Cruzeiro do Sul, Acre, Brazil. **Nativa**, v. 4, n. 2, p. 97-102, 2016.
- MOREIRA, J. G. V.; AQUINO, A. P. V.; MESQUITA, A. A.; MUNIZ, M. A.; SERRANO, R. O. P. Stationarity in annual daily maximum streamflow series in the upper Juruá River, western Amazon. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 12, p. 705-713, 2019. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v12.2.p705-713>
- MORETO, V. B.; APARECIDO, L. E. O.; ROLIM, G. S.; MORAES, J. R. S. C. Agrometeorological models for estimating sweet cassava yield. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48, n. 1, p. 43-51, 2018. <https://doi.org/10.1590/1983-40632018v4850451>
- NIMER, E. Um modelo metodológico da classificação de climas. **Revista Brasileira de Geografia - IBGE**, v. 41, n. 4, p. 59-89, 1979.
- NOBRE, C. A.; SAMPAIO, G.; SALAZAR, L. Mudanças climáticas e Amazônia. **Ciência e Cultura**, v. 59, n. 3, p. 22-27, 2007.
- NÓBREGA, R. S. Impactos do desmatamento e de mudanças climáticas nos recursos hídricos na Amazônia ocidental utilizando o modelo SLURP. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, p. 111-120, 2014.

- OLIVEIRA, L. F. C.; FIOREZE, A. P.; MEDEIROS, A. M. M.; SILVA, M. A. S. Comparação de metodologias de preenchimento de falhas de séries históricas de precipitação pluvial anual. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 11, p. 1186-1192, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662010001100008>
- PASSOS, M. L. V.; RAPOSO, A. B.; MENDES, T. J. Estimativa da distribuição da precipitação pluviométrica provável em diferentes níveis de probabilidade de ocorrência. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 1, p. 1106-1115, 2017. <https://dx.doi.org/10.7127/rbai.v11n100498>
- PIZZATO, J. A.; DALLACORT, R.; TIEPPO, R. C.; MODOLO, A. J.; CREMON, C.; MOREIRA, P. S. P. Distribuição e probabilidade de ocorrência de precipitação em Cáceres (MT). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 2, p. 137-142, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1983-40632012000200006>
- SANTOS, D. C.; MEDEIROS, R. M.; CORREIA SANTOS, D.; BRITO, J. I. B. Variabilidade climática de regiões pluviometricamente homogêneas na Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 4, p. 903-918, 2013.
- SANTOS, V. C.; BLANCO, C.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. F. Distribution of rainfall probability in the Tapajos River Basin, Amazonia, Brazil. **Revista Ambiente & Água**, v. 14, n. 3, p. 1-21, 2019. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.2284>
- SILVA, I. N. Precipitação provável para a região Centro-Sul do Ceará, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 3, p. 751-758, 2015.
- SILVA, R. S.; ZAVISLAK, F. D.; DALLACORT, R.; CARVALHO, M. A. C.; ARAÚJO, D. V. Distribuição de probabilidade de chuva no município de Sapezal, MT. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, p. 1112-1122, 2013.
- SILVA, E. G. F. A.; POLYCARPO, J. S. M.; MELO, R. F.; MOUSINHO, F. H. G.; OLIVEIRA FILHO, J. E.; CORREA, M. M. Determinação de precipitação provável mensal para o município de Goiana-PE. **Revista GEAMA**, v. 5, n. 1, p. 41-46, 2019.
- SOMAN, S.; BYJU, G.; SREEKUMAR, J. Projected changes in mean temperature and total precipitation and climate suitability of cassava (*Manihot esculenta*) in maior growing environments of India. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v. 86, n. 5, p. 647-653, 2016.
- SOUZA, L. D.; SOUZA, L. S.; GOMES, J. C. Exigências edáficas da cultura da mandioca. *In*: SOUZA, L. S.; FARIAS, A. R. N.; MATTOS, P. L. P.; FUKUDA, W. M. G. (Ed.). **Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2006, p. 170-214.
- SOUZA, L. P.; FARIAS, O. S.; MOREIRA, J. G. V.; GOMES, F. A.; FRADE JÚNIOR, E. F. Comparação de métodos de evapotranspiração de referência para o município de Cruzeiro do Sul-Acre. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 12, p. 1-8, 2011.
- SOUZA, D. O.; OLIVEIRA, F. G.; CASTRO, I. L.; SOARES, J. B. S.; REIS, M. M.; FIGUEIREDO, F. P. Frequência de ocorrência de precipitação pluviométrica em Montes Claros-MG. **Revista Agrarian**, v. 11, n. 42, p. 337-342, 2018. <https://doi.org/10.30612/agrarian.v11i42.4175>

R CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2019.

TEIXEIRA, C. F. A.; DAMÉ, R. C. F.; BACELAR, L. C. S.; SILVA, G. M.; COUTO, R. S. Intensidade da seca utilizando índices de precipitação. **Revista Ambiente & Água**, v. 8, n. 3, p. 203-213, 2013. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1245>