



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO DE RISCOS E DESASTRES
NATURAIS NA AMAZÔNIA – PPGRD**

ADRIANA PAULA SOARES FERREIRA

**INFLUÊNCIA DE EVENTOS ENOS NA PRODUÇÃO DE MANDIOCA E MILHO
MUNICÍPIO DE BUJARU, PARÁ**

**BELÉM - PARÁ
2022**

ADRIANA PAULA SOARES FERREIRA

**INFLUÊNCIA DE EVENTOS ENOS NA PRODUÇÃO DE MANDIOCA E MILHO
MUNICÍPIO DE BUJARU, PARÁ**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Gestão de Risco e Desastres Naturais na Amazônia, do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, em cumprimento as exigências para obtenção do grau de Mestre em Gestão de Riscos e Desastres Naturais na Amazônia.

Área de concentração: Minimização de Riscos e Mitigação de Desastres Naturais na Amazônia

Linha de pesquisa: Ameaças Naturais no Ambiente Amazônico

Orientador: Prof ° Dr. João de Athaydes Silva Junior

BELÉM - PARÁ
2022

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

F383i Ferreira, Adriana Paula Soares.
Influência de eventos Enos na produção de mandioca e milho município
de Bujaru, Pará / Adriana Paula Soares Ferreira. — 2022.
67 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. João de Athaydes Silva Junior
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,
Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Gestão de
Risco e Desastre na Amazônia, Belém, 2021.

1. Chuvas intensas. 2. Agricultura familiar . 3.
Precipitação. I. Título.

CDD 551.57728115

ADRIANA PAULA SOARES FERREIRA

**INFLUÊNCIA DE EVENTOS ENOS NA PRODUÇÃO DE MANDIOCA E MILHO
MUNICÍPIO DE BUJARU, PARÁ**

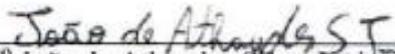
Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Gestão de Risco e Desastres Naturais na Amazônia, do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, em cumprimento as exigências para obtenção do grau de Mestre em Gestão de Riscos e Desastres Naturais na Amazônia.

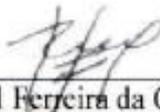
Área de concentração: Minimização de Riscos e Mitigação de Desastres Naturais na Amazônia

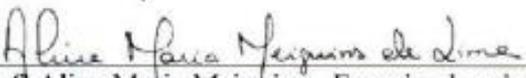
Linha de pesquisa: Ameaças Naturais no Ambiente Amazônico

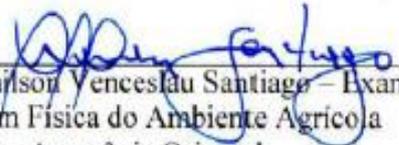
Data de aprovação: 31 /08 /2021

Banca Examinadora:


Prof^o João de Athaydes Silva Junior – Orientador
Doutor em Desenvolvimento Sustentável
Universidade Federal do Pará


Prof. Rafael Ferreira da Costa – Examinador externo
Doutor em Meteorologia
Universidade Federal Rural da Amazônia


Prof^a Aline Maria Meiguins – Examinadora interna
Doutora em Desenvolvimento Socioambiental
Universidade Federal do Pará


Prof^o Alairson Venceslau Santiago – Examinador Externo
Doutor em Física do Ambiente Agrícola
Embrapa – Amazônia Oriental

Dedico este estudo aos meus amigos agricultores familiares do município de Bujaru, que lutam diariamente por uma vida digna e melhor no campo; aos meus familiares e amigos da Embrapa e da UFPA; ao meu companheiro Robson e principalmente e em primeiro lugar, a Deus.

AGRADECIMENTOS

“Primeiramente agradeço a Deus, por nunca me abandonar e me dá forças e ânimo para continuar o meu Mestrado, perante os obstáculos enfrentados durante o percurso. Em segundo lugar, agradeço aos meus familiares (pai, mãe, irmãos e sobrinha) pela compreensão pela falta de tempo com eles e por me incentivarem a terminar o Mestrado. Ao meu companheiro, Robson, pela compreensão e incentivo, nos momentos em que eu me encontrava sem ânimo para continuar. Também não posso deixar de cumprimentar a Embrapa Amazônia Oriental por permitir o uso do aplicativo criado por ela, para guiar os agricultores familiares para a melhor época do plantio e agradecer ao meu colega de trabalho e amigo em particular, Jaime Carvalho, por sempre me apoiar, incentivar e me acompanhar em Bujaru, junto aos agricultores familiares, para tentarmos juntos solucionar e melhorar a vida daquela comunidade. Aos amigos que mesmo de longe, sempre estão com palavras de otimismo e esperança, para que eu finalmente pudesse chegar até aqui, como o Isaias Conceição, Stelio Abreu e Helena Josiane. Obrigada ao meu orientador João Athaydes, por me ajudar a encarar este grande desafio, na reta final e a todos os professores deste Mestrado, os quais tive a honra de cursar as disciplinas do Curso. Muito obrigado a todos e que Deus abençoe cada um de vocês!

O valor da chuva : “ Quando chove no sertão, vai embora a terra escura, o verde volta pro chão e abastece a agricultura, tem trabalho pro peão, e o sertanejo em oração, agradece essa fartura”

Guibson Medeiros

RESUMO

Vários fatores interferem diretamente na produção agrícola, estas interferências podem afetar tanto o rendimento como a produtividade agrícola. Neste contexto, a variabilidade climática precisa ser considerada na produção agrícola, pois interfere em diversos setores, como economia, pecuária, transportes, engenharia e produção de energia. A variabilidade climática como o resultado dos fenômenos El Niño e La Niña, que influenciam de forma direta na produção agrícola necessitando de planejamento prévio sobre os períodos de alta dos índices a fim de obterem um bom desempenho em suas produções. Diante da temática, esta pesquisa tem por objetivo analisar a relação entre o índice das chuvas e a produção de mandioca e milho na agricultura familiar no Município de Bujaru. Foram utilizados dados de produção mensal e anual de milho e mandioca no período de 2009 a 2019. Para a análise da precipitação foram utilizados dados de precipitação das estações pluviométricas sob responsabilidade da agência nacional de águas (ANA). Foram feitas observações a respeito dos eventos climáticos, como El Niño e La Niña e outros dados meteorológicos. Os totais anuais de precipitação no local do estudo, durante o período de 1995 a 2020 o município de Bujaru-PA apresentou uma média anual de 2.416,8 mm. Observou-se que durante o período chuvoso a diferença dos totais mensais da precipitação tanto em anos de El Niño como de La Niña não difere muito da média da série (1995-2020). No que se refere aos dados de produção verificou-se que para a cultura de mandioca houve uma produção de 123.642 toneladas. Evidencia-se que a quantidade de áreas plantadas em Bujaru mostrou aumento gradativo variando entre 600 e 1.000. O rendimento do milho totalizou 1.021. De maneira geral, à medida que a PRP aumentou houve um aumento da produção da mandioca, no entanto em 2018 e 2019 a PRP aumentou mais (uns 500 mm a mais), e isso pode ter interferido na produtividade da mandioca, devido ao excesso de água. Percebe-se que apesar da ocorrência de fenômenos ENOS em alguns anos, estes fenômenos não mostram grandes interferências nos resultados de produção da cultura de mandioca. Contudo, para a cultura de milho infere-se que os anos de ocorrência de El Niño a produção de milho pode ter sido influenciada negativamente por este fenômeno, com exceção do ano de 2018 que a apresentou a maior produção anual que também foi um ano que apresentou a ocorrência do fenômeno La Niña. O uso do aplicativo ZARC tornou-se uma excelente ferramenta para a obtenção de informações sobre as condições climáticas de uma determinada região para o plantio de culturas agrícolas como milho e mandioca. A pesquisa mostrou que tanto a mandioca quando o milho por serem espécie perenes mostraram-se altamente adaptada

às condições climáticas da região amazônica, proporcionando altas demandas de produtividades, principalmente para a cultura de mandioca.

Palavras-chave: chuvas intensas; agricultura familiar; precipitação.

ABSTRACT

Several factors directly interfere in agricultural production, these interferences can affect both yield and agricultural productivity. In this context, climate variability needs to be considered in agricultural production, as it interferes in several sectors, such as the economy, livestock, transport, engineering and energy production.. Climatic variability as a result of the El Niño and La Niña phenomena, which directly influence agricultural production, requiring prior planning on the periods of high indexes in order to obtain a good performance in their production. Given the theme, this research aims to analyze the relationship between the rainfall rate and the production of cassava and corn in family farming in the municipality of Bujaru. Monthly and annual production data for maize and cassava from 2009 to 2019 were used. For the analysis of precipitation, precipitation data from pluviometric stations under the responsibility of the national water agency (ANA) were used. Observations were made regarding climatic events such as El Niño and La Niña and other meteorological data. The total annual precipitation at the study site, during the period from 1995 to 2020, the municipality of Bujaru-PA presented an annual average of 2,416.8 mm. It was observed that during the rainy period, the difference in monthly total rainfall in both El Niño and La Niña years does not differ much from the mean of the series (1995-2020). With regard to production data, it was found that for cassava there was a production of 123,642 tons. It is evident that the amount of planted areas in Bujaru showed a gradual increase varying between 600 and 1,000. Corn yield totaled 1,021. In general, as the PRP increased, there was an increase in cassava production, however in 2018 and 2019 the PRP increased more (about 500 mm more), and this may have interfered with cassava productivity, due to the excess of Water. It is noticed that despite the occurrence of ENSO phenomena in some years, these phenomena do not show great interference in the production results of the cassava crop. However, for the corn crop, it is inferred that the years of El Niño occurrence, corn production may have been negatively influenced by this phenomenon, with the exception of 2018, which had the highest annual production, which was also a year that presented the occurrence of the La Niña phenomenon. The use of the ZARC application has become an excellent tool for obtaining information about the climatic conditions of a certain region for the planting of agricultural crops such as corn and cassava. The research showed that both cassava and corn, as they are perennial species, proved to be highly adapted to the climatic conditions of the Amazon region, providing high productivity demands, especially for the cultivation of cassava.

Keywords: heavy rains; family farming; precipitation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Impactos globais do fenômeno Lã Niña no verão e inverno.....	24
Figura 2- Impactos globais do fenômeno El Niño no verão e inverno	24
Figura 3- Mapa do Município de Bujaru, no Estado do Pará.....	30
Figura 4- Variabilidade mensal da precipitação pluvial no município de Bujaru, Pará e seu respectivo desvio padrão. No período de 1995 a 2020.....	35
Figura 5- Variabilidade anual da precipitação pluvial no município de Bujarú-PA e os anos com as ocorrências dos fenômenos El-Niño (laranja) e La-Niña (azul).....	36
Figura 6- Variabilidade mensal da precipitação pluvial no município de Bujaru-pa, no período de 1995-2020, em anos de El Niño e anos de La Niña.	36
Figura 7- Quantidade de produção de mandioca (t) de 2009 a 2019 em Bujaru (PA).	38
Figura 8- Variação de produtividade de mandioca em relação a precipitação no período de 2009 a 2019.	39
Figura 9- Variação de produtividade de mandioca em relação a precipitação em anos de ocorrência de El Niño (EL) e La Niña (LA).....	39
Figura 10- Quantidade de produção de milho (t) de 2009 a 2019 em Bujaru (PA).	40
Figura 11- Variação de produtividade de milho em relação a precipitação no período de 2009 a 2019.....	41
Figura 12- Variação de produtividade de milho em relação a precipitação em anos de ocorrência de El Niño (EL) e La Niña (LA).....	41
Figura 13- Índice de Anomalia de Chuva (IAC) para a série (2009-2020) em Bujaru (PA)...	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Dados do censo demográfico da agricultura familiar em 2006 e 2017.	19
Tabela 2- Quantidade de produção de mandioca (t) de 2009 a 2019 em Bujaru (PA).	37
Tabela 3- Quantidade de produção de milho (t) de 2009 a 2019 em Bujaru (PA).	37

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 Geral	15
2.2 Específicos	15
3 REFERENCIAL TEÓRICO	16
3.1 Um Breve Histórico Da Agricultura Familiar	16
3.2 A Cultura Da Mandioca (<i>Manihot Esculenta Crantz</i>)	19
3.3 Cultura Do Milho (<i>Zea Mays L.</i>)	20
3.4 A Relação Entre Clima E Agricultura	22
3.4.1 Precipitação pluvial e extremos pluviométricos no Estado do Pará	25
3.4.2 Consequências dos extremos de precipitação relacionados à erosão hídrica do solo	25
3.4.3 A queda na produção de milho e mandioca em consequência de chuvas intensas	26
3.5 Riscos E Ameaças Naturais Existentes Em Bujaru	27
3.6 Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC)	28
4 MATERIAIS E MÉTODOS	30
4.1 Área De Estudo	30
4.1.1 Características Climáticas.....	31
4.1.2 Índice De Anomalia De Chuva	31
4.2 Cultura do Milho	32
4.3 Cultura da Mandioca	33
4.4 Obtenção E Interação Dos Dados Da Pesquisa	33
4.3 Aplicativo Zarc – Plantio Certo	34
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
5.1 Precipitação Pluvial Na Região de Bujaru	35
5.2 A Produção de Milho E de Mandioca No Município	37
5.3 Índice De Anomalia De Chuva	42
5.4 A Importância Do Zoneamento Agroclimático	43
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
REFERÊNCIAS	47
APÊNDICE A - PRODUTO TÉCNICO DA DISSERTAÇÃO	56

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, vários episódios de extremos climáticos causaram diversos impactos em comunidades e ecossistemas amazônicos. Destaca-se que a ocorrência e/ou recorrência desses episódios climáticos extremos, tanto de excesso quanto de déficit pluviométrico estão fazendo com que a Amazônia experimente novos cenários climáticos (FERREIRA; SOUZA; OLIVEIRA, 2020).

De acordo com o IPCC (2013), a ocorrência destes extremos climáticos de seca e/ou excesso de chuva em um período de tempo relativamente curto encontra-se em conformidade com os prognósticos realizados, que indicam uma maior frequência de eventos anômalos em cenários de clima para os próximos anos. Segundo Souza et al. (2016), existe um consenso de que, na Amazônia, o índice de precipitação pluvial tem grande importância para as características do clima.

Ressalta-se que o ciclo anual de precipitação apresentado pela região tem seu máximo durante as estações do verão e outono austral, que vão de dezembro a maio, já o mínimo de precipitação acontece durante o regime menos chuvoso e/ou seco, que compreende o período entre junho e novembro (SOUZA et al., 2017). Alguns desses episódios foram registrados nos anos de 2005, 2010 e 2015, marcados por severos períodos de secas, onde o nível pluviométrico de alguns importantes rios atingiram marcas mínimas históricas. Por outro lado, os anos de 2009 e 2012 foram marcados por períodos chuvosos extremos que causaram efeitos adversos em vários setores da economia (LEWIS et al., 2011; MARENGO et al., 2013).

Vale destacar que os altos índices de precipitação podem ocasionar outros desastres naturais como a erosão, que segundo Santos, Griebeler e Oliveira (2010) a erosão hídrica é o tipo de erosão mais comum no Brasil, e apresenta grande potencial de ocasionar problemas de ordem ambiental, econômica e social.

A erosão hídrica está caracterizada como uma das frequentes fontes de degradação dos solos agrícolas no Brasil, este fenômeno é caracterizado como um processo que começa a partir do impacto água da chuva sobre o solo causando escoamento superficial pela água da enxurrada, no qual há desagregação, transporte e deposição de partículas de matéria orgânica e nutrientes. Destaca-se que a ocorrência destes processos erosivos é determinada, por fatores como potencial de erosão da chuva, erodibilidade do solo e cobertura vegetal, sendo a proteção do solo por vegetais um fator muito relevante no combate a erosão hídrica (DECHEN et al., 2015; SILVA et al., 2019).

Neste contexto, Oliveira et al. (2010) relatam que as taxas de erosão e conseqüentemente o desgaste do solo agrícola vêm tomando grandes magnitudes com implicações de ordem física, financeira e social em todo o Brasil, ocasionando perdas de milhões de toneladas de solo agrícola, pois a grande parte dos produtores rurais não utilizam técnicas de manejo e nem de conservação adequadas do solo.

Tais variações influenciam na agricultura familiar, posto que é uma das atividades mais vulneráveis às variabilidades climáticas, e que mais sofrem com os eventos adversos como os extremos de precipitação no território paraense. Corroborando com esta assertiva, Silva et al. (2009) afirmam que a variabilidade climática deve ser levada em conta em diversos setores, principalmente na agricultura, que faz parte das grandes exportações brasileiras e geram milhares de empregos.

Segundo Teixeira e Pietrobon (2015), o clima equatorial úmido colabora para que as culturas de mandioca e milho sejam bem difundidas no Pará, sendo a mandioca a cultura de maior destaque, com quase 65% da quantidade produzida, tornando o Pará o maior produtor do Brasil, com produção de 5 milhões de toneladas anuais. Vale destacar que 93% da produção de mandioca na região tem origem na agricultura familiar (FAPESPA, 2015).

De acordo com dados do CONAB (2016), o Pará é responsável pela produção de quase 20% da mandioca consumida no Brasil. No que se refere a cultura de milho, destaca-se que nos anos de 2015/2016 o estado do Pará cultivou, uma área de 207,5 mil hectares de milho, com uma produção de 674,8 mil toneladas.

Historicamente as culturas de mandioca e milho apresentam enorme relevância na sociedade principalmente pela alimentação e economia nas populações tradicionais da Amazônia em especial às famílias paraenses. Destaca-se que as culturas supracitadas são importantes também por garantir a permanência das famílias no campo reduzindo o fluxo migratório de pessoas para as cidades, já que se configura como uma forma de subsistência, caracterizando-se uma excelente fonte nutricional e geradora de renda que ajuda a melhorar a qualidade de vida das supracitadas comunidades, além de colaborar para a segurança alimentar (SILVA et al., 2014; GALVÃO et al., 2014; FONSECA; CASTRO, 2017).

Diante da temática, esta pesquisa tem por objetivo analisar a relação entre o índice das chuvas e a produtividade de mandioca e milho na agricultura familiar no Município de Bujaru, Estado do Pará. Intrinsecamente, pretende também responder ao seguinte problema de pesquisa: que mecanismos a comunidade agrícola de Bujaru utiliza para proteger o ambiente e a produção de mandioca e do milho no período de extremos climáticos?

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

- ✓ Analisar como os eventos climáticos extremos interferem no ambiente e na produção de mandioca e de milho no Município de Bujaru no estado do Pará.

2.2 Específicos

- ✓ Analisar a relação entre os extremos climáticos e a produção de mandioca e milho na agricultura familiar no Município de Bujaru;
- ✓ Identificar os principais problemas socioambientais ocasionados pelo excesso de chuvas e/ou seca na região de Bujaru, Estado do Pará;
- ✓ Produzir uma cartilha com orientação para os agricultores familiares da região de Bujaru, Estado do Pará, mostrando a climatologia para a região, o período de chuva e estiagem, além de um protocolo que possa auxiliá-los a plantarem as culturas agrícolas em estudo, no período correto, a fim de evitar prejuízos sócio-econômico-ambientais.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Um breve histórico da agricultura familiar

A agricultura de base familiar na história do Brasil, quando pensada na perspectiva da sua importância socioeconômica, foi tratado secundariamente pelo governo e pelos setores dominantes, tornando-se subordinada aos interesses da grande exploração agropecuária (PICOLOTTO, 2014). Por exemplo, a intensificação do processo de ocupação econômica da Amazônia colocou em dúvida a sustentabilidade do sistema de corte e queima, que é baseado na fertilidade natural dos solos. Desse modo, a pequena agricultura foi impedida de expandir-se, uma vez que, ao aumentar seu contingente populacional, ela seria forçada a aumentar a extensão de seus roçados, e depois subdividiria seus lotes, aumentando a quantidade de minifúndios e comprometendo a capacidade produtiva das famílias (MIRANDA; RODRIGUES, 1999).

A agricultura familiar é definida com base em três características centrais, que são: a gestão da unidade produtiva; maioria do trabalho fornecido por constituintes da família; e a propriedade dos meios de produção. Neste sentido, a agricultura familiar caracteriza-se como um modo de vida que vem, ao longo dos anos, resistindo e tentando se firmar diante dos modelos de desenvolvimento da agricultura moderna (PAULA; KAMIMURA; SILVA, 2014).

Para Louzada (2019), a agricultura familiar pode ser definida como a atividade agrícola praticada com mão de obra do grupo familiar, em sua maioria. Heberlê (2014) relata que não existe uma definição universal para agricultura familiar, contudo este autor argumenta que existam definições amplamente aceitas.

Para Guanziroli et al. (2012), as características que definem a agricultura familiar são: 1) a gestão da unidade produtiva é feita por indivíduos que mantêm laços de parentesco ou de matrimônio; 2) a maior parte do trabalho é realizada de forma proporcional pelos membros da família; 3) a propriedade dos meios de produção deve pertencer à família. Neste contexto, as Diretrizes da Política Nacional da Agricultura Familiar afirmam que a definição desta atividade está associada ao espaço de imóveis rurais, que devem ser ocupados por um grupo familiar que desenvolva práticas agrícolas (BRASIL, 2006).

Entre os conceitos de “agricultura familiar”, podemos citar que:

“Ao buscarmos na literatura as contribuições para a delimitação conceitual da agricultura familiar, encontramos diversas vertentes, dentre as quais destacamos duas: uma que considera que a moderna agricultura familiar é uma nova categoria, gerada no bojo das transformações experimentadas pelas sociedades capitalistas

desenvolvidas. E outra que defende ser a agricultura familiar brasileira um conceito em evolução, com significativas raízes históricas” (ALTAFIN, 2007, p. 1).

Historicamente, o termo agricultura familiar começou a ser mais usado no Brasil na década de 1990, através do Programa Nacional de Fortalecimento Familiar (PRONAF); desde então, este termo tem sido alvo de muitos estudos no meio acadêmico que ajudam na criação de políticas públicas (PAULA; KAMIMURA; SILVA, 2014).

Contudo, Hoffmann (2014) afirma que é necessário definir o que se entende por agricultura familiar, pois não se trata de um conceito universal. Por exemplo, no Brasil é razoável admitir, salvo especificação em contrário, que se utiliza a definição da Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006, que diz:

Art. 3º. Para os efeitos desta Lei, considera-se agricultor familiar e empreendedor familiar rural aquele que pratica atividades no meio rural, atendendo, simultaneamente, aos seguintes requisitos: I – não detenha, a qualquer título, área maior do que 4 (quatro) módulos fiscais; II – utilize predominantemente mão de obra da própria família nas atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento; III – tenha renda familiar predominantemente originada de atividades econômicas vinculadas ao próprio estabelecimento ou empreendimento; IV – dirija seu estabelecimento ou empreendimento com sua família (HOFFMANN, 2014, p. 418).

Neste sentido, de acordo com Grisa e Schneider (2014), no ano de 1995 se potencializou a emergência de outras políticas diferenciadas para o desenvolvimento do meio rural; posteriormente, em 1999, deu-se a criação do Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA), e em 2001 criou-se a Secretaria da Agricultura Familiar (SAF) no interior; desde então foi institucionalizada uma dualidade na estrutura agrária e fundiária do Brasil. Posteriormente, no ano de 2006, foi regulamentada a Lei da Agricultura Familiar, que reconheceu a categoria social e definiu sua estrutura conceitual que serviu para dar base às políticas públicas para este grupo social (GRISA; SCHNEIDER, 2014).

No início dos anos 2000 já existiam aproximadamente, no Brasil, 4.139.369 estabelecimentos rurais de natureza familiar que, embora ocupando apenas 30% da área total agricultável e dispendo de 25,3% do financiamento agrícola governamental, respondem por 38% do valor bruto da produtividade nacional e por 77% da mão de obra ocupada na agricultura. Estes estabelecimentos são responsáveis por 84% da produção de mandioca no Brasil (MDA, 2005). Complementando esses dados, o IBGE (2005) relata que os produtores familiares praticam sistemas agrícolas múltiplos, sem parâmetros técnicos definidos, com frequência apresentando baixa produtividade.

Segundo Silva e Amorim Junior (2013) a criação da Lei nº 11.947/09, que dispõe sobre as demandas da alimentação nas escolas públicas, instituiu que 30% dos recursos repassados do FNDE, destinados à aquisição da alimentação escolar aos Estados e municípios, fossem comprados diretamente da agricultura familiar, dos empreendedores rurais ou de suas organizações, tendo prioridade às comunidades tradicionais e os assentamentos da reforma agrária. Neste sentido, Turpin (2009) relata que, sob a responsabilidade do município, o FNDE passou a recomendar que os cardápios fossem realizados com alimentos da região, optando pelo respeito à cultura alimentar local, típicos da agricultura familiar, buscando melhorar a qualidade da alimentação dos estudantes, adquirindo produtos locais e, sobretudo, o fortalecimento da produção destes produtos alimentícios.

Vale destacar que a agricultura familiar no Brasil é formada de pequenos e médios produtores, o que representa a maioria de produtores rurais, em especial a região Norte, onde se encontra grande parte da atual fronteira de expansão agrícola, com grande participação na agricultura familiar, pelo censo de 2006 (SOUZA et al., 2017).

De acordo com Modesto Júnior et al. (2011), a produtividade está condicionada à forma e ao manejo dos agricultores e relacionada a trabalhos realizados no Estado do Pará que alcançaram produtividade média de 25.560 kg/ha de mandioca, utilizando práticas comumente relatadas na agricultura familiar. Mais tarde, o mesmo autor divulga que quatro municípios do Pará apresentam as maiores produções, e o preparo da área é o tradicional praticado na agricultura familiar do tipo corte-queima, os quais proporcionam inconvenientes como: poluição do meio ambiente, processos erosivos, déficit de nutrientes, além de tratar-se de um trabalho de muito desgaste físico ao trabalhador rural.

Costa (1993), em suas pesquisas, mostra que, na região Norte, propriedades com área de até 200 hectares baseiam suas operações, em mais de 90%, na força de trabalho familiar, o que permite um nível de trabalho assalariado (trabalho permanente + temporário) inferior a 10%, considerando uma unidade de produção familiar. O autor enfatiza que, na região, a agricultura familiar representa mais de 200 mil unidades de produção, abrangendo uma área superior a 8 milhões de hectares, envolvendo um contingente superior a um milhão de trabalhadores.

Em termos de produtividade, Schneider e Cassol (2013) relatam que agricultura familiar representa o setor numericamente majoritário do setor agrobrasileiro, pois, de acordo com os dados apresentados no Censo Agropecuário do IBGE do ano de 2006, o Brasil possuía 5.175.489 estabelecimentos agropecuários, e, deste total, 4.367.902 poderiam ser classificados como de agricultores familiares, já que 84% são representados por estabelecimentos

agropecuários brasileiros, ocupando uma área um pouco maior do que 80,3 milhões de hectares, representando 24,3% do total de área.

Posteriormente verificou-se, que em 2017, haviam 15.105.125 pessoas trabalhando nos estabelecimentos agropecuários, entre produtores e pessoas com vínculos de parentesco com eles, além de trabalhadores temporários e permanentes. Confrontando com o Censo de 2006, houve uma diminuição de 1.463.080 indivíduos em relação ao total, que era de 16.568.205 no dia 31/12. Nas propriedades com agricultura familiar, a população ocupada se reduziu em 2,166 milhões de pessoas. Já em outros estabelecimentos, a oferta de postos de trabalho ganhou mais 702,9 mil trabalhadores de 2006 para 2017. Segundo o IBGE (2017), destaca-se que, no Pará, aproximadamente 70% da produção agrícola total pode ser creditada à agricultura familiar (SOUZA et al., 2017), conforme Tabela 1.

Tabela 1- Dados do censo demográfico da agricultura familiar em 2006 e 2017.

Ano do Senso	Estabelecimentos				Área Total (ha)				Pessoal ocupado			
	2006		2017		2006		2017		2006		2017	
Total, agricultura familiar	5.175.363	100%	5.073.324	100%	333.680.037	100%	351.289.816	100%	16.568.205	100%	15.105.125	100%
NORMAS VIGENTES EM 2017												
Agricultura não familiar	870.531	16,80%	1.175.916	23,20%	252.411.258	75,60%	270.398.732	77,00%	4.286.660	25,90%	4.989.566	33,00%
Agricultura familiar -LEI- 1136-2017	4.305.105	83,20%	3.897.408	76,80%	81.268.779	24,40%	80.891.084	23,00%	12.281.545	74,10%	10.115.559	67,00%

Fonte: (IBGE, 2006/2017).

Diante dos excelentes resultados de produtividade, a agricultura familiar ganhou mercado e, segundo Schneider e Cassol (2013), atualmente há uma melhor compreensão da importância do agricultor familiar que trabalha tanto para seu autoconsumo como para a comercialização, e esta mudança mostra claramente a importância do agricultor familiar e seu papel na economia e na sociedade.

Hoje a contemporaneidade dos acontecimentos nos convida a uma revalorização da ruralidade, do reconhecimento do papel das economias locais e do potencial das dinâmicas territoriais de desenvolvimento que a agricultura familiar representa, fazendo com que essa forma produtiva mostre sua potencialidade (SCHNEIDER; CASSOL, 2013).

3.2 A cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)

A mandioca, também conhecida como aipim ou macaxeira, pertence à classe *Dicotyledoneae*, ordem *Euphorbiales*, Família *Euphorbiaceae* e tribo *Manihoteae*. O gênero

Manihot (Euphorbiaceae – Magnoliophyta), originário do continente americano, abrange desde os Estados Unidos até a Argentina, com 98 espécies distribuídas em 19 seções, das quais 13 ocorrem no Brasil (Rogers; Appan (1973 *apud* LEDO et al., 2014).

Embora esta espécie seja originária do continente americano, já era cultivada pelos indígenas, que foram os responsáveis por disseminá-la em quase toda a América; já os portugueses e espanhóis a disseminaram principalmente na África e Ásia (OTSUBO et al., 2004).

A produção de mandioca no território brasileiro supera o valor de 20 milhões de toneladas/ano, colocando o país em destaque no ranking dos maiores produtores dessa cultura, atrás apenas da Nigéria, Tailândia e Indonésia. Este vegetal é cultivado em todos os estados brasileiros, destacando-se os estados do Pará, Paraná, Bahia e Acre como os maiores produtores de mandioca no país (IBGE, 2017; MORETO et al., 2018).

A mandioca é um vegetal de fácil adaptação, com grande capacidade de produção em locais de baixa fertilidade e escassez de água, o que a difere de outras espécies, as quais não conseguem se estabelecer em condições semelhantes. Contudo, a mandioca apresenta características que limitam a propagação deste vegetal, por exemplo as manivas, que possuem baixa taxa de multiplicação, sendo este fator um dos obstáculos à sua propagação em larga escala Santos et al., (2009 *apud* ALMEIDA et al., 2015).

Para Souza et al. (2017), as culturas de mandioca são de grande importância socioeconômica no mundo e no Brasil, principalmente em regiões tropicais, onde é uma das principais fontes de carboidratos para milhões de pessoas, especialmente em famílias de baixa renda. Para Lima et al. (2012), a mandioca é uma espécie de planta com grande importância econômica e cultural, sendo amplamente empregada na dieta alimentar das populações rurais e urbanas, especialmente na Amazônia, sob a forma de seu produto principal, que é a farinha. No Pará, as culturas que são mais multiplicadas são as cultivares de mandioca, batata doce e milho.

Ressalta-se que, em Bujaru, a produção de milho e mandioca domina a paisagem produtiva. Está evidente produtividade desperta nosso olhar para essas duas culturas, as quais passamos agora a enfatizar do ponto de vista acadêmico-nutricional, produtivo e econômico.

3.3 Cultura do milho (*zea mays L.*)

O milho (*Zea mays L.*) é um vegetal pertencente à família Gramineae/Poaceae, com origem no teosinto, (*Zea mays ssp. mexicana* (Schrader) Iltis), de mais de 8.000 anos, e que é plantada em muitas partes do mundo, inclusive no Brasil (BARROS; CALADO, 2014, p. 4).

Segundo alguns especialistas, ele originou-se do continente americano, vindo especialmente dos Estados Unidos e México (DINIZ, 2016, p. 40).

O milho há séculos é utilizado tanto na alimentação de animais como também na humana, e embora seu grande volume de produtividade não seja amplamente conhecido, desempenha um papel importante na economia, já que serve de matéria prima para diversos produtos industrializados.

De acordo com Carneiro (2003 *apud* MACHADO, 2009), o milho é considerado a “planta da civilização”; achados históricos demonstram que este vegetal já era plantado entre 3000 e 3500 a.C. em solos mexicanos, e posteriormente no Peru. Segundo Silva et al. (2015), a dispersão do milho no continente americano se deu pela grande capacidade adaptativa da espécie graças a uma alta variabilidade genética. Destaca-se que já foram catalogadas aproximadamente 300 raças de milho no continente americano Hernandez (2009 *apud* SILVA, 2015).

Destaca-se que, quando levado para a Europa por Cristóvão Colombo, o milho foi utilizado após passar pelo processo de pilação, para produção de farinha ou fubá, que eram fervido e comido como polenta, ou ainda transformado em massas comestíveis para ser degustado em dias festivos por Astecas, Maias, Incas e demais povos centroamericanos (MACHADO, 2009).

A cultura do milho é das que ocupam maior área no mundo, sendo com o trigo e o arroz as três culturas com maior expressão, já que a sua grande adaptabilidade, permite o seu cultivo desde o Equador até ao limite das terras temperadas, e desde o nível do mar até altitudes superiores a 3600 metros, encontrando-se, assim, em climas tropicais, subtropicais e temperados (BARROS; CALADO, 2014, p. 4).

Assim como a mandioca, a cultura do milho também é afetada por fatores climáticos, e, dentre os diversos fatores que afetam essas culturas, destacam-se a radiação solar, a temperatura e a precipitação, que afetam diretamente o crescimento e o desenvolvimento da planta de acordo com o estágio fenológico destes vegetais (ALVES et al., 2010, p. 3714).

Neste sentido, Corrêa e colaboradores (2009) relatam que o sucesso da produtividade de milho está atrelado a um bom planejamento do plantio, pois quanto mais eficiente for o planejamento, menores serão os fatores de risco. Além disso, a cultura de milho pode ter sua produtividade afetada por outros fatores, como acometimento da eficiência metabólica, ineficácia de radiação, capacidade de dreno e a eficiência da translocação de foto-assimilados, onde o conjunto destes fatores associados acarreta sérios danos à cultura (CORRÊA et al., 2009). Ressalta-se, porém, que o milho tornou-se um dos cereais mais cultivados em todo o

mundo, sendo uma das culturas de maior importância para o Brasil, não só pelo ponto de vista econômico, pois favorece a produção de diversos produtos utilizados no ramo alimentício, mas também de servir como fonte de matéria-prima para as indústrias brasileiras (SANTOS, 2011).

Neste contexto de discussão, Mendes (2014) associa a produção e o rendimento da cultura do milho a diferentes fatores, tais como: o potencial genético da semente usada, o manuseio da lavoura e as condições locais. Para o autor, a realização de seleção de sementes a serem plantadas e o manejo apropriado são responsáveis por metade do lucro final. Desta feita, seleção de sementes, o seu plantio adequado, a colheita no tempo certo, a análise do clima e do solo são de fundamental importância sucesso da cultura de milho.

De acordo com os dados do Ministério da Agricultura (2012), estima-se que 10% da produção do milho se destinem ao consumo humano. Cerca de 50% a 60% são utilizadas na fabricação de rações, e o restante, ou seja, entre 30 a 40%, são fornecidas diretamente para alimentação de animais.

Sobre os resultados de produção, Maldaner et al. (2014) relatam que, só no ano de 2014, o Brasil cultivou aproximadamente 6.400,00 mil hectares, alcançando uma produção de mais de 31.423,00 mil toneladas de milho, tendo-se o estado do Paraná o maior produtor, com 670,0 mil hectares e 5.508,7 mil toneladas. Contudo, vale ressaltar que ainda em 2014, ocorreu uma redução de 23,7% na área plantada em função dos baixos preços e do sério ataque de *Spodoptera frugiperda* na fase vegetativa, e da instabilidade do clima (CONAB, 2014).

Diante do exposto, conclui-se que a cultura do milho possui grande importância econômica e social pelo alto valor nutricional de seus grãos, por ser um alimento de baixo custo, apresenta boa viabilidade de cultivo tanto em grande quanto em pequena escala, e também por ser a base de várias cadeias agroindustriais, como a da carne. Neste sentido, o milho é um dos principais cereais cultivados em todo o mundo, e é o segundo grão mais cultivado no território brasileiro (CONAB, 2014).

3.4 A relação entre clima e agricultura

A relação no espaço rural, que acontece de forma ampla, deve-se à extrema dependência das variações atmosféricas, o que significa dizer que alguns fatores, como a quantidade de chuva, a temperatura do ar e outros elementos naturais, interferem na produtividade das lavouras. Os impactos decorrentes dos anos climáticos extremos em alguns municípios podem retratar condições favoráveis ou desfavoráveis à produtividade de certas culturas (SOUZA et al., 2017).

O clima amazônico apresenta uma característica intrínseca, apresentando um amplo espectro da variação temporal e espacial da atividade convectiva tropical e da precipitação, as quais se tornam as variáveis climáticas mais importantes para o setor agrícola e de pesquisas na região (SOUZA et al., 2009). De acordo com Torres et al. (2012), em simulações obtidas por diversos modelos do sistema climático global, indicou-se que a Amazônia é considerada um *hotspot* de mudanças climáticas, cujas projeções apontam para condições mais quentes e mais secas nos próximos 50 anos.

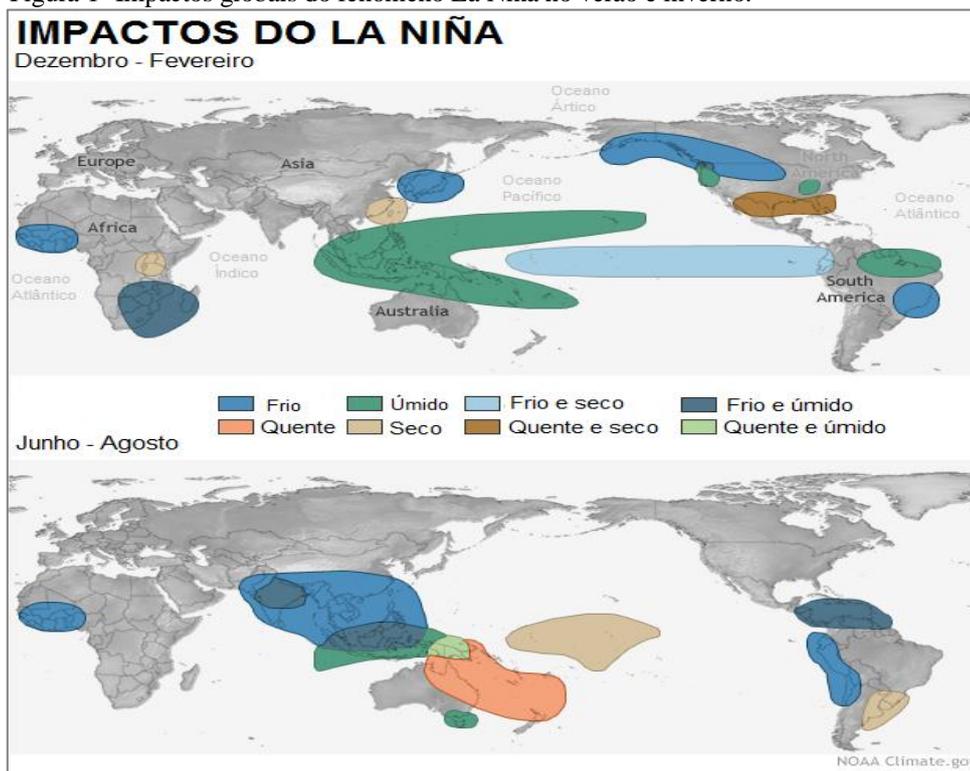
Dentro desta temática, destaca-se que o estado do Pará tem por característica elevados índices de precipitação devidos à sua localização na zona tropical do planeta. Ressalta-se que o clima regional também é influenciado por mecanismos oceânicos e atmosféricos, por exemplo, a Oscilação do Atlântico Norte (OAN), a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP), o El Niño Oscilação Sul (ENOS) e outros que contribuem para o quantitativo de precipitação (CAMPONOGARA; DIAS, 2011; MOURA, 2014).

O fenômeno ENOS ocorre sobre a bacia tropical do Oceano Pacífico, sendo caracterizado por um processo acoplado entre o oceano e a atmosfera, ou seja, constitui-se de duas componentes: uma de natureza oceânica, o El Niño ou La Niña, representado pelas anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (TSM), e outro de natureza atmosférica, representado pela variação de pressão atmosférica na superfície, denominado de Oscilação Sul (SOUZA et al., 2017).

As Figuras 1 e 2 mostram os impactos dos do fenômeno ENOS e indicam que a variabilidade pluviométrica também é influenciada pelas variações desse fenômeno, o El-Niño (evento quente) e o La-Niña (evento frio), que é um fenômeno exatamente inverso ao *El Niño*, onde no *La-Niña* temos o esfriamento anormal das águas do oceano Pacífico (SOUZA et al., 2000; DINIZ, 2016).

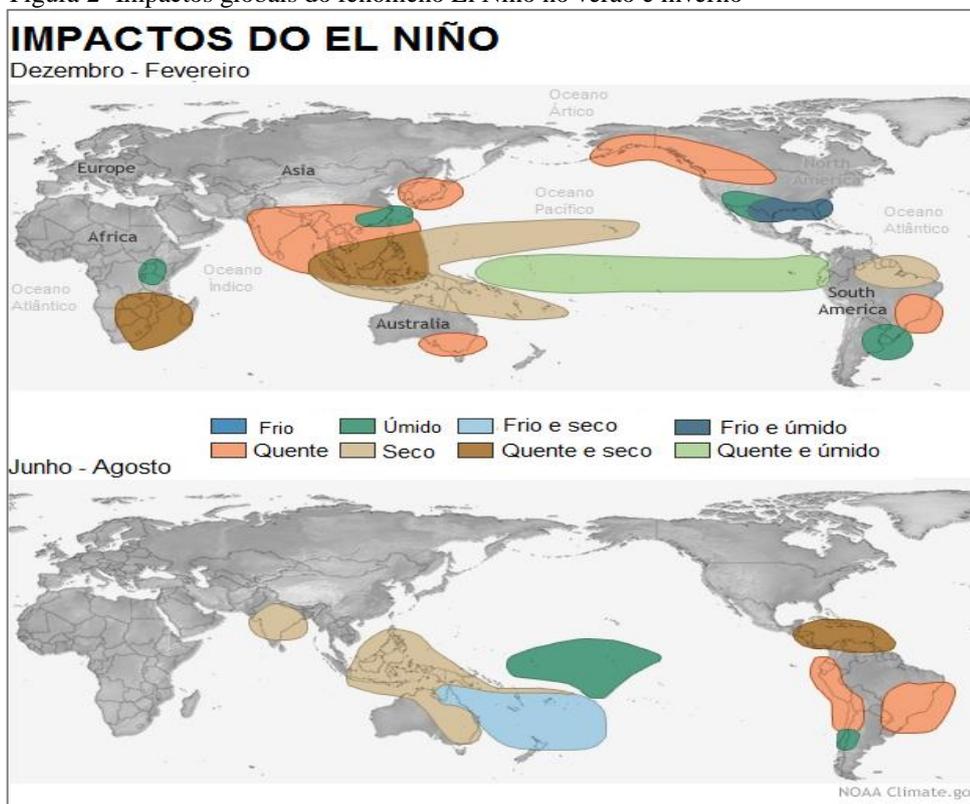
Na região amazônica, que peculiarmente não possui estações climáticas definidas (período chuvoso e menos chuvoso), os fenômenos conhecidos como “El Niño” e “La Niña” vem apresentando intervalos de frequência mais intensos, causando variabilidades no clima significantes no regime das chuvas máximas diárias na região, contribuindo diretamente para a ocorrência de períodos enchentes e estiagens (GONZALEZ et al., 2013; ROMERO et al., 2014).

Figura 1- Impactos globais do fenômeno Lã Niña no verão e inverno.



Fonte: Adaptado de (NOAA, 2021).

Figura 2- Impactos globais do fenômeno El Niño no verão e inverno.



Fonte: Adaptado de (NOAA, 2021).

3.4.1 Precipitação pluvial e extremos pluviométricos no Estado do Pará

Muitos estudos relatam que a precipitação é amplamente reconhecida como a variável climatológica mais importante na região dos trópicos, pois a irregularidade na distribuição sequencial das precipitações pluviais tem sido um dos fatores limitantes ao maior desenvolvimento e à estabilização da produção agrícola no Estado do Pará (SAGRI, 1996). Segundo Albuquerque et al. (2010), a chuva é a variável climática mais pesquisada na região amazônica, pois a chuva induz outras variáveis climáticas, como a temperatura e umidade, já que as chuvas na região são resultantes da interação de diferentes sistemas e fenômenos oceanos atmosféricos que atuam em escalas espaço-temporais heterogêneas.

Apesar do consenso sobre a importância da precipitação para a agricultura familiar, em estudo realizado por Moraes et al. (2005), já se relatava uma grande carência de estudos sobre as características do regime de chuva na Bacia Amazônica relacionados com as datas de início e fim da estação chuvosa, e com a variação de períodos secos e chuvosos na estação de crescimento, e que estas informações são fundamentais para o planejamento de várias atividades agrônômicas, como a definição do início de plantio e colheita e estabelecimento de um calendário agrícola, podendo contribuir para reduzir os riscos de déficit de água para cultura durante o ciclo fenológico. Segundo Sagri (1996), o período chuvoso se caracteriza pela forte intensidade de chuvas, enquanto que no período menos chuvosos são frequentes as estiagens de duração variável, elevando o risco da exploração das atividades agrícolas.

A região metropolitana de Belém está situada no nordeste paraense e sofre influências diretas da variabilidade climática da região amazônica. A chuva é a variável climática mais pesquisada na região, pois induz outras variáveis, como temperatura e umidade (ALBUQUERQUE et al., 2010). As chuvas na região são resultantes da interação de diferentes sistemas e fenômenos oceanos atmosféricos, que atuam em escalas espaço-temporais heterogêneas.

3.4.2 Consequências dos extremos de precipitação relacionados à erosão hídrica do solo

De acordo com Panachuki (2006), a erosão hídrica é o processo de degradação que mais tem afetado a capacidade produtiva dos solos, facilitada e acelerada por interferências antrópicas, o que resulta num processo erosivo mais acelerado.

A degradação dos solos pode ser considerada um dos mais importantes problemas ambientais nos dias atuais, ocasionada por práticas inadequadas de manejo agrícola (CARVALHO et al., 2002). Este autor cita que:

“O processo de erosão do solo é consequência de três eventos sequenciais, caracterizados pelo desprendimento, arraste e deposição das partículas do solo, onde o desprendimento das camadas do solo é definido como a liberação de partículas dos agregados e, uma vez desprendidas, elas podem permanecer próximas ao agregado ou serem transportadas” (CARVALHO et al., 2002, p. 4).

De acordo com Martins et al. (2003), o aporte de sedimentos é outro aspecto de grande relevância, pois este é oriundo de áreas que sofrem erosão e acarreta em processos de assoreamento de rios e lagos, comprometendo a qualidade da água e alterando a vida aquática, principalmente pelo processo de eutrofização.

Ainda sobre o processo de erosão do solo, Carpenedo e Mielniczuk (1990 *apud* PANACHUKI et al., 2006, p. 262) relatam que algumas práticas de manejo do solo promovem modificações nas propriedades físicas do mesmo, principalmente na sua estrutura, e essas alterações podem ser permanentes e/ou temporárias e, ainda, influenciarem grandemente o processo erosivo. Nesta esteira de discussão, Garcia (2008) *apud* ANA (2020) defende que o transporte de sedimentos depende de suas propriedades, das características do fundo, das propriedades do fluido e do escoamento. E a quantidade de sedimento em suspensão depende muito da granulometria do material transportado.

Na pesquisa de Otsubo e Lorenzi (2004), estes indicam que uma das alternativas de preservação do solo é o consórcio, especialmente em áreas inclinadas, associando o plantio de mandioca e milho à proteção contra a erosão. Além disso, os autores recomendam a utilização de vegetais de crescimento denso, como por exemplo, o capim vetiver (*Vetiveria zizanioides*), por exemplo, para formar linhas de vegetação cerrada que quebram a velocidade das águas, quando implantadas em curvas de nível no meio do plantio da mandioca, pois este conjunto de práticas conservacionistas mencionadas proporciona excelente controle da erosão.

É preciso, pois, que sejam realizados programas de capacitação para os agricultores familiares, a fim de que minimizem os problemas da erosão do solo e garantam maior produtividade nas culturas das espécies agrícolas plantadas por eles, já que as chuvas intensas têm ocasionado diversos prejuízos econômicos com a citada erosão, que carrega os sedimentos com os nutrientes necessários à manutenção e crescimento das plantas.

3.4.3 A queda na produção de milho e mandioca em consequência de chuvas intensas

Na busca da melhor adaptação na superfície terrestre, o homem busca compreender o meio ambiente em que habita, e entre os temas de sua inquietação estão aqueles aspectos relacionados aos fenômenos atmosféricos (CARMELLO, 2013, p. 32). Considerando esta

afirmativa, é necessário conhecer as relações entre as chuvas da pré-estação e período chuvoso para escolha da melhor época de semeadura, devido às condições hídricas do solo, principalmente no cultivo agrícola (SILVA et al., 2009, p. 455).

Sob a perspectiva agrícola, SILVA et al. (2009) defendem que a produtividade agrícola no Brasil depende do clima e de sua variabilidade, e esta dependência é importante durante o ciclo de vida das culturas, além de ser responsável pela alternância das produções agrícolas anuais, o que, sem dúvida, influencia diretamente no balanço da produção, ocorrendo perda ou ganho em função das condições climáticas de uma região.

De acordo com Teracines (2000), o El Niño nos anos de 1997 e 1998 produziu grandes impactos econômicos na produção agrícola brasileira, e constatou-se que a produção da mandioca na região Norte sofreu perda de produtividade: nesse período, os números caíram de 5.033.699 em 1996 para 4.392.828 em 1997/1998, apresentando, portanto, uma variação negativa de 12,74% na produção.

Segundo Louzada (2019), entre os anos de 2005 e 2006 o sistema produtivo da agricultura familiar regrediu significativamente em relação aos anos de 2004 e 2005, permanecendo pouco significativa até meados de 2008 e 2009. Vale ressaltar que nos anos supracitados houve períodos de La Niña que, mesmo considerados fracos Louzada (2019 *apud* SILVA, 2015), influenciaram de maneira expressiva a produção da agricultura familiar.

3.5 Riscos e ameaças naturais existentes em Bujaru

O espectro de aptidão edafoclimática ou pedoclimática para o cultivo de uma determinada cultura é baseada na comparação entre a necessidade ecofisiológica da planta e a oferta ambiental da área onde se pretende implantá-la, levando em consideração a dicotomia do custo/benefício favorável, baseado no fato de que cada espécie vegetal possui um conjunto de características de solo, relevo e clima, e outros fatores ambientais, no qual ela melhor se adapta (RAMALHO, 2010).

De acordo com Rodrigues et al. (2001) o zoneamento agroecológico e o planejamento de uso da terra são os ingredientes fundamentais para qualquer definição de estratégia de modelo de desenvolvimento agrícola sustentável a ser adotada. Destacando-se realização de estudos de caracterização e avaliação da potencialidade dos solos para servir de base física ao planejamento de uso sustentável das terras do Município de Bujaru.

Vale destacar no estudo acima citado os autores buscaram definir e selecionar as melhores zonas (áreas) e indicar as atividades mais apropriadas, de acordo com as características e estabilidade dos ecossistemas e os principais solos mapeados na área do Município de Bujaru foram Latossolo Amarelo, Argissolo Amarelo, Argissolo Amarelo plúntico, Argissolo Amarelo concrecionário, e Gleissolos, todos pobres em nutrientes. Esses tipos de solos possuem riscos de erosão muito fraco a fraco e quando utilizadas exigem um nível baixo a médio do emprego de práticas conservacionistas com o uso de técnicas simples e intensivas de controle da erosão (RODRIGUES et al., 2001).

Em termos gerais, o clima da Amazônia apresenta uma característica peculiar, no que tange a variação da precipitação de forma temporal e espacial, tornando-as as variáveis climáticas mais investigadas da Amazônia. Contudo, para a região metropolitana de Belém (RMB) na qual está inserido o município de Bujaru, as chuvas são abundantes e distribuídas irregularmente durante todo o ano (RODRIGUES et al., 2001; SOUZA et al., 2009).

Neste contexto, Pereira et. al., (2018) destaca que a crescente influência das mudanças climáticas aumenta o risco de erosão no cultivo da agrobiodiversidade, podendo ocasionar danos irreversíveis a sistemas mais vulneráveis, como por exemplo, aos agricultores das várzeas amazônicas, cuja manutenção do modo de vida depende intimamente das variações sazonais desses ambientes (PEREIRA et al., 2018).

Vale ressaltar que além da erosão hídrica, os eventos de cheias e/ou secas também são riscos inerentes a região de Bujaru. De acordo com Almeida et al. (2009) a distribuição pluviométrica irregular, que alterna períodos muito chuvosos e longos estios, pode ser atribuída aos efeitos das alterações do clima. Esse cenário ambiental provoca o aumento significativo dos riscos inerentes à agricultura, especialmente em lavouras anuais (milho- *Zea mays*, soja- *Glycine max*, sorgo- *Sorghum bicolor*, arroz- *Oryzia sativa*, etc.), que são mais vulneráveis aos extremos climáticos.

3.6 Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC)

O Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) surgiu no ano de 1995 como Zoneamento Agroclimático a partir de estudos desenvolvidos pela Embrapa que mensurava o balanço hídrico voltado à rizicultura, com o passar dos anos o ZARC se consolidou como um importante propulsor de políticas públicas ao meio agroindustrial (STEINMETZ; SILVA, 2017). De acordo com Silva e colaboradores (2019) o ZARC está intrinsecamente relacionado à variabilidade temporal e espacial da chuva, buscando apresenta estratégias para maximizar o

rendimento e minimizar o risco da produção, a fim de garantir a viabilidade da produção, minorando possíveis rebatimentos de efeitos climáticos negativos sobre a produtividade da cultura.

A partir do desenvolvimento agrícola percebeu-se a redução dos riscos, que passaram não apenas a ser presumidos, mas quantificados a partir de cálculos probabilísticos, sobretudo com a contribuição da ciência e da incorporação da alta tecnologia no campo. Neste sentido, pode-se dizer que o ZARC é uma variável de política agrícola que atua como um sistema de buscas tecnológicas que auxiliam e fornecem informações aos agentes, além de mostrar um efeito relevante sobre a produtividade de determinadas cultura, indicando ações e/ou informações contribuindo para incrementos na produtividade, com as condições climáticas favoráveis para o pleno desenvolvimento das plantas, propiciando ainda redução de riscos de doenças em diversas culturas (SANTOS; MARTINS, 2016; PASINATO et al., 2018; SILVA et al., 2019).

Um exemplo de ferramenta técnico-científica que integra esse contexto é o aplicativo ZARC plantio certo, desenvolvido há dois anos pelo Ministério da Agricultura para apoiar os programas de mitigação dos riscos de perdas na agricultura brasileira. O aplicativo está disponível de forma gratuita para sistemas operacionais Android (Google) e iOS (Apple), que auxilia produtores e agentes da cadeia do agronegócio, por meio da disponibilização das informações oficiais do Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC), numa interface de fácil compreensão. A consulta ao ZARC - Plantio Certo permite que o usuário receba a indicação das diferentes taxas de riscos (20%, 30% e 40%) de perdas por eventos meteorológicos adversos, o aplicativo conta com 44 culturas zoneadas entre lavouras de ciclos anual e permanente, organizadas por ordem de safra ou, em alguns casos, conforme outras condições que configuram as de maior representatividade em relação ao total das áreas agrícolas plantadas no País (SANTOS; MARTINS, 2016; EMBRAPA, 2021).

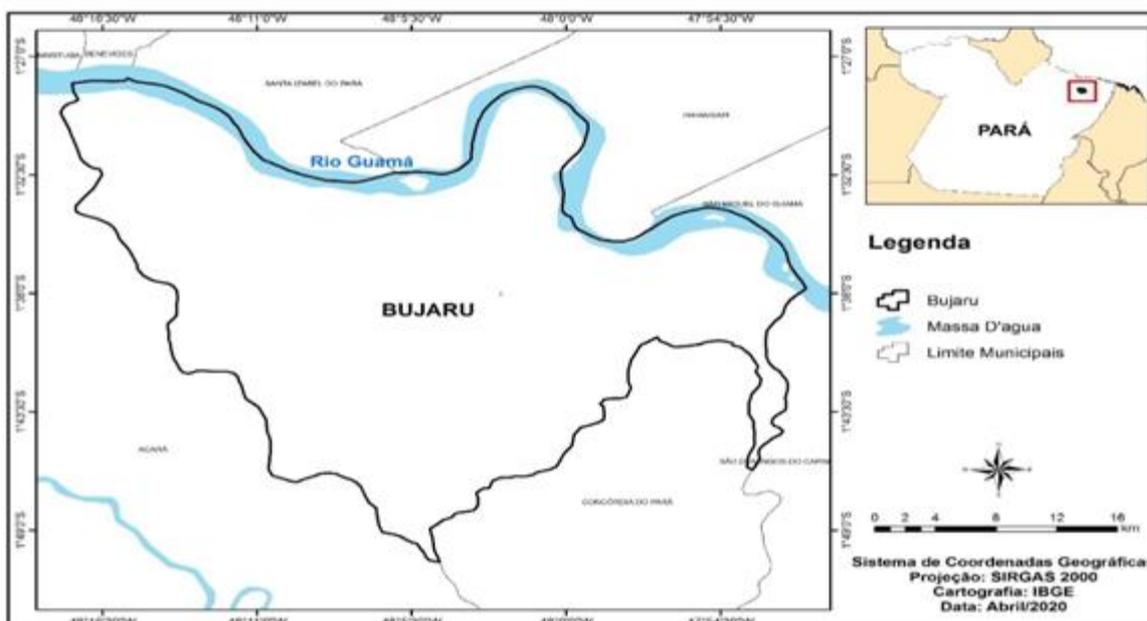
4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

Segundo o IBGE (2020), o Município de Bujaru (Figura 3) possui uma área territorial de 994,691 km². Ele possui uma população estimada de 29.427 habitantes, e conta com uma densidade demográfica de 25,56 habitantes por km², distribuídos entre a cidade de Bujaru e os seus povoados. O município tem as seguintes coordenadas geográficas Lat. 01°58'10"S e 047°59'00"W, limitando-se ao Norte com os Municípios de Benevides, Inhangapi e São Miguel do Guamá, ao Sul pelos Municípios de Acará e Concórdia do Pará, a Leste pelo Município de São Domingos do Capim e a Oeste pelo Município de Acará (SILVA et al., 2016).

O rio Bujaru está localizado na Mesorregião Nordeste do Estado do Pará e abrange os Municípios de Bujaru e Concórdia do Pará (FERREIRA; MATOS; SILVA, 2017). Esse rio é um afluente direito do Rio Guamá e faz parte da região Hidrográfica Costa Atlântica-Nordeste e da sub-região do Guamá-Moju Pará (2012 *apud* FERREIRA et al., 2017, p. 1236).

Figura 3- Mapa do Município de Bujaru, no Estado do Pará.



Fonte: Adaptado de SIRGAS (2000).

Os dados do IBGE (2020) mostram que a população do município apresenta uma escolarização de 91,9% no ensino fundamental para pessoas com faixa etária entre 6 e 14 anos de idade. O índice de desenvolvimento humano municipal (IDHM) de Bujaru é 0,552 com PIB per capita de 15.721,51 reais, tendo como principais atividades econômicas a agropecuária, com

destaque para a pimenta do reino e as lavouras de mandioca e milho, sendo que a Palma de óleo tem se expandido fortemente na região (CORREA et al., 2012; IBGE, 2020).

4.1.1 Características Climáticas

Na região Amazônica do Brasil a classificação climática predominante é a denominada de clima equatorial úmido, com temperatura média de 25–26°C e umidade relativa em torno de 85%, apresentando um regime pluviométrico médio variando entre 2.350–2.500 mm/ano (TEIXEIRA; PIETROBOM, 2015).

O território paraense é caracterizado por apresentar elevados índices de precipitação devidos à sua localização. Além disso, o clima da região também é influenciado por mecanismos oceânicos e atmosféricos, como por exemplo a Oscilação do Atlântico Norte (OAN), Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) e El Niño Oscilação Sul (ENOS), que contribuem para o quantitativo de precipitação (CAMPONOGARA; DIAS, 2011).

De acordo com Alvares et al. (2013) o território paraense apresenta três classes climáticas Af, Am e Aw como predominantes. O município de Bujaru está inserido na classe climática do tipo af. Essa classificação está baseada na relação da temperatura "A" (climas tropicais chuvosos) e na precipitação pluviométrica, "w, m e f. Destaca-se que a classe climática "Af" se caracteriza como clima tropical chuvoso de floresta; a classe "Am" consiste no clima tropical de monção" e a classe "Aw" caracteriza-se como clima tropical com estação seca". Ressalta-se que a classe climática do tipo "Af" apresenta ausência de período seco, com todos os meses registrando total de chuva superior a 60 mm (ALVARES et al., 2013; CONCEIÇÃO; SAMOLÃO; SANTANA, 2018).

Destaca-se que a produtividade agropecuária está diretamente relacionada a variabilidade espacial e temporal da precipitação na região, e estas variações são responsáveis pela alternância das produções anuais, contribuindo significativamente nas perdas e ganhos da produtividade.

4.1.2 Índice de Anomalia de Chuva

A precipitação pluviométrica interage com vários sistemas atmosféricos de várias escalas e é uma das variáveis meteorológicas mais importantes para a sociedade, pois interfere diretamente as atividades humanas, e os extremos de precipitação (enchentes ou secas) podem ocasionar inúmeros danos socioeconômicos e ambientais (DINIZ, 2016; SILVA et al., 2017).

De acordo com Alves et al. (2016) o Índices de Anomalia de Chuva (IAC) é uma maneira eficaz de estudar a precipitação pluviométrica é através de, que consiste na monitorização dos anos de secas e/ou chuvas excessivas, este índice permite monitorar os impactos que o clima global causam sobre a distribuição pluviométrica de uma região. O índice IAC também permite e realizar comparações do regime pluviométrico a partir de uma série histórica de dados climáticos relacionando-os com as condições atuais de chuva fazendo a caracterização espacial e temporal da variação de precipitação para um determinado local (MARCUIZZO et al., 2011; SANCHES et al., 2014).

Segundo Silva et al. (2017) o índice IAC foi proposto por Van Rooy (1965), para analisar a frequência dos anos mais chuvosos e anos mais secos, além de relacionar a intensidade desses eventos, avaliando seu grau de severidade e duração. Ainda de acordo com os autores supracitados o índice de anomalia de chuva é calculado pelas seguintes equações abaixo:

$$(1) \quad IAC = 3 \left[\frac{(p - \bar{p})}{\bar{m} - \bar{p}} \right]$$

$$(2) \quad IAC = -3 \left[\frac{(p - \bar{p})}{\bar{x} - \bar{p}} \right]$$

Sendo que:

p = Precipitação observada (mm);

\bar{p} = Precipitação climatológica média (mm);

\bar{m} = Representa a média histórica dos dez valores mais altos;

\bar{x} = Representa a média histórica dos dez valores mais baixos.

4.2 Cultura do milho

No Brasil o cultivo do milho acontece em várias épocas do ano de acordo com as características climáticas de cada região. Por exemplo, a primeira safra dessa cultura acontece nas estações da primavera/verão predominante na maioria das regiões, exceto no Norte e Nordeste, onde acontece a segunda safra devido a maior concentração de chuvas que ocorre nos meses de janeiro a março (CONTINI et al., 2019).

O milho necessita de elevada demanda de água, porém é uma das culturas mais eficientes quanto ao uso da água, apresentando em seu desenvolvimento uma demanda hídrica variando de 400 a 700 mm de água até o final do seu ciclo. A ocorrência de déficit hídrico, dependendo em que fase ocorre, pode acarretar em perdas de até 50% da produtividade. Vale destacar que o desenvolvimento do milho necessita de uma temperatura situada entre 24 e 30°C, ressaltando que sob temperaturas elevadas a cultura do milho sofre queda de rendimento em virtude da diminuição do ciclo de desenvolvimento do vegetal (EMBRAPA, 2009; PEREIRA FILHO; TEIXEIRA, 2016).

4.3 Cultura da mandioca

No Brasil, a região Norte caracteriza-se como a maior produtora de mandioca do país, destacando-se também na quantidade de área plantada quanto em quantidade produzida. Neste sentido, o estado do Pará destaca-se por permanecer no topo em relação ao volume produzido em toneladas, tornando-se o principal produtor de mandioca do Brasil (MODESTO JUNIOR; ALVES; SILVA, 2011).

As características climatológicas do estado do Pará favorecem a alta produção, pois de acordo com Medeiros et al. (2020) a cultura da mandioca necessita de uma temperatura variando entre os limites de 20°C a 27°C, contudo este vegetal apresenta boa produtividade em temperaturas que variam de 16°C a 38°C.

No que se refere à precipitação, a faixa mais adequada para a ampliação do rendimento da mandioca está compreendida entre 1000 mm a 1500 mm por ano. Ressaltando que nos anos que apresentam extremos climáticos (El Nino) e (La Nina) em que prevalecem os padrões de chuva acima do normal, que afetam diretamente o rendimento da mandioca (SOUZA et al., 2017; MEDEIROS et al., 2020).

4.4 Obtenção e interação dos dados da pesquisa

Para obter dados e análise de pesquisa foram utilizados alguns instrumentos, como: mapeamento e análise da produção de mandioca e de milho de Bujaru.

Foram utilizados dados de produção mensal e anual de milho e mandioca no período de 2009 a 2019, através de busca na base de dados da Secretaria de estado de agropecuária e pesca (SEDAP) do município com parceria da Embrapa da Amazônia Oriental.

Para a análise da precipitação ocorrida no período de 2009 a 2019 foram utilizados dados de precipitação das seguintes estações pluviométricas: Responsável: ANA; Operadora: CPRM;

Código: 148017, nome: Bujaru (lat. 1°31'16''S; long. 48°02'46''W). Foram feitas observações a respeito dos eventos climáticos que ocorreram de 2009 a 2019, como El Niño e La Niña, e correlacionando-os com os dados meteorológicos, para a identificação de comportamentos anômalos de variáveis como temperatura e precipitação. Após concluir esta etapa, as observações foram relacionadas com os dados de produção.

4.3 Aplicativo ZARC – plantio certo

O Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) foi disponibilizado através do aplicativo “ZARC - Plantio Certo”, sendo registrado para cada cultura os períodos indicados os riscos climáticos (EMBRAPA, 2019).

As culturas analisadas foram mandioca e milho. Foram utilizados dados de precipitação, balanço hídrico e temperatura e os dados de produção para o período de 2009 a 2019. Os dados no aplicativo foram coletados nos meses de junho e julho de 2021 que foram disponibilizados para a safra 2020/2021 para cultura do milho e de mandioca.

O acesso ao aplicativo se dá através do download junto as lojas virtuais, onde na plataforma Android podemos encontra-lo na Google Play através do link (https://play.google.com/store/apps/details?id=embrapa.br.zonamento&hl=pt_BR) e na plataforma iOS da Apple no link (<https://apps.apple.com/br/app/plantio-certo/id1518252333>), o modo de acessar a ferramenta e utilizar suas funcionalidades está apresentado como um produto técnico contendo um descritivo de como usar o aplicativo.

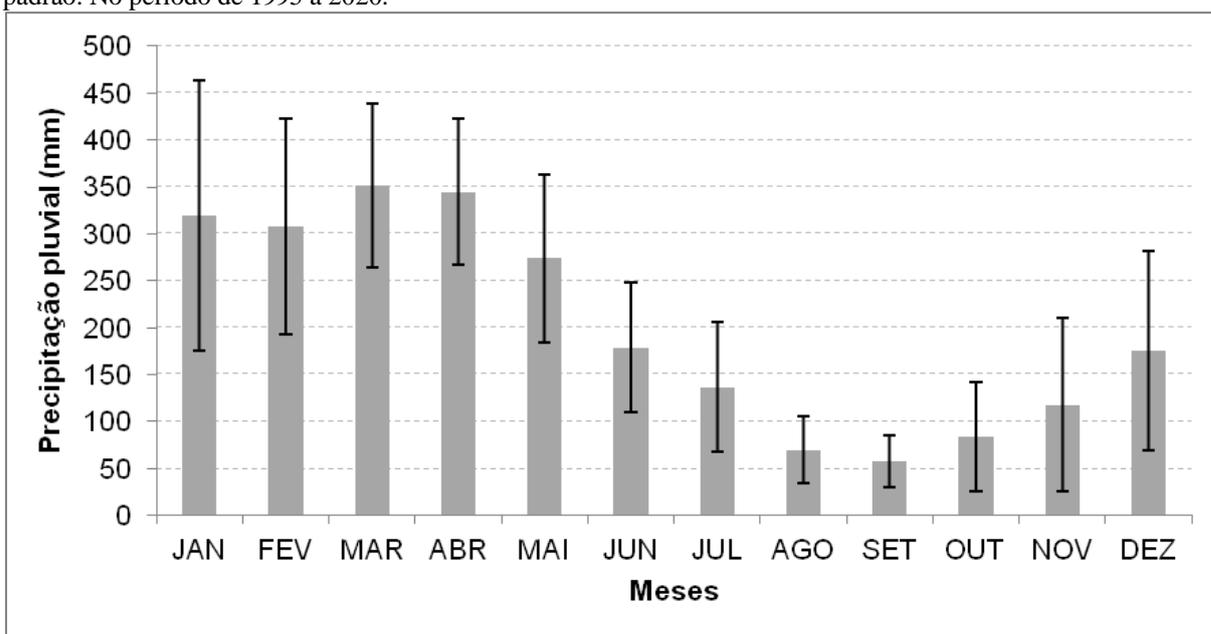
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Precipitação pluvial na região de Bujaru

A irregularidade no quantitativo e distribuição mensal da precipitação pluvial pode ser observada na Figura 4, onde se observa um período com maior volume de precipitação pluvial (período chuvoso) em detrimento de outro com menor volume acumulado (período menos chuvoso). O período chuvoso no município vai de dezembro a junho onde ocorrem 80,7% da precipitação pluvial (1951,3 mm), e o período menos chuvoso, que compreende os meses de julho a novembro ocorrem 19,3% da precipitação pluvial (465,5 mm). A precipitação pluvial é um fator limitante para agricultura, pois as culturas possuem exigências hídricas de acordo com a sua fase fenológica, que também vai estar relacionada ao período do plantio, sendo esse um dos fatores limitantes para o desenvolvimento da produção agrícola na Amazônia (AMANAJÁS; BRAGA, 2012; MOURA, 2014).

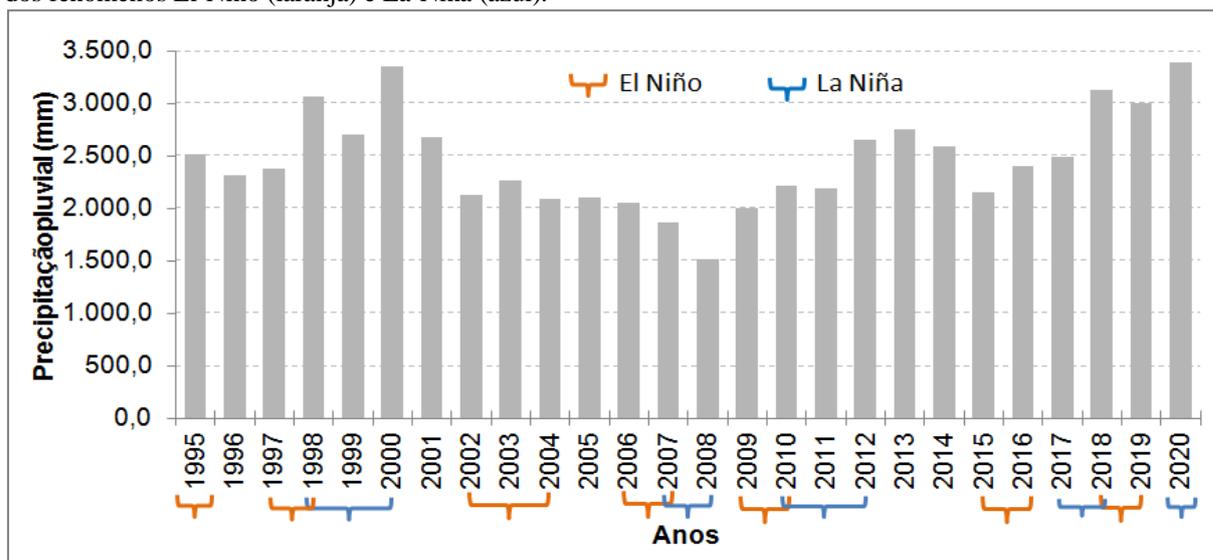
Ao avaliarmos os totais anuais de precipitação no local do estudo, durante o período de 1995 a 2020 o município de Bujaru-PA apresentou uma média anual de 2.416,8 mm (Figura 4) com bastante variabilidade entre os meses, onde o menor total anual foi de 1515,3 mm (2008) e o maior total anual registrado foi de 3387,3 mm (2020), mostrando que existe uma grande variabilidade na precipitação pluvial anual na região.

Figura 4- Variabilidade mensal da precipitação pluvial no município de Bujaru, Pará e seu respectivo desvio padrão. No período de 1995 a 2020.



Fonte: Do autor.

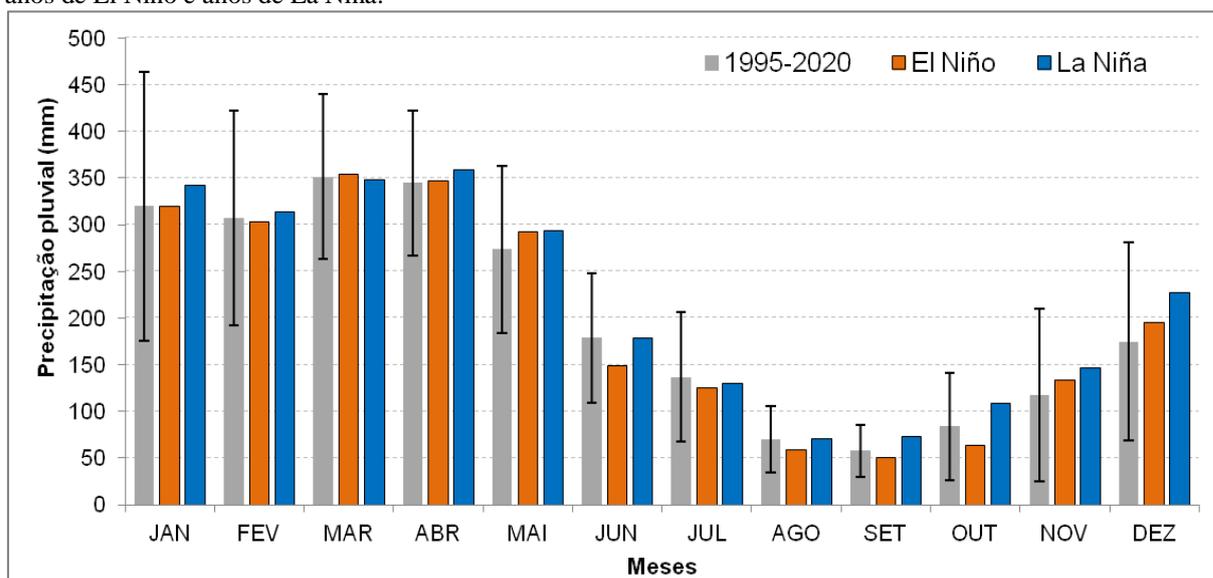
Figura 5- Variabilidade anual da precipitação pluvial no município de Bujarú-PA e os anos com as ocorrências dos fenômenos El-Niño (laranja) e La-Niña (azul).



Fonte: Do autor.

Na Figura 6 temos ilustrada a variabilidade mensal da precipitação pluvial no município de Bujaru-PA, no período de 1995-2020, em anos de El Niño e anos de La Niña. Observou-se que durante o período chuvoso a diferença dos totais mensais da precipitação tanto em anos de El Niño como de La Niña não diferem muito da média da série (1995-2020), no entanto, durante o período menos chuvoso esses valores são mais visíveis. O fenômeno ENOS interfere na precipitação na região, mas existem outras forçantes que podem intensificar os seus efeitos, assim como enfraquecer os mesmos, podendo até anular a sua influência em alguns casos.

Figura 6- Variabilidade mensal da precipitação pluvial no município de Bujaru-pa, no período de 1995-2020, em anos de El Niño e anos de La Niña.



Fonte: Do autor.

No período de julho a novembro dos últimos 26 anos, observamos que as chuvas são mal distribuídas, havendo maior concentração pluviométrica no período de dezembro a junho, salvo algumas exceções. Observa-se também a presença das chuvas no decorrer do ano todo, não havendo nenhum mês sem ocorrência de chuvas, e isto é uma das características da região Norte, por estarmos nos trópicos abaixo da linha do Equador.

Percebe-se que nos anos em que a concentração de chuvas se deu no período de dezembro a junho, a produção de milho tende sempre a aumentar, devido à boa oferta de água das chuvas; já no caso da mandioca seria o inverso, pois houve queda na produção em consequência de um maior ataque de pragas e doenças, e, entre as doenças, uma das mais importantes que destacamos aqui é a podridão radicular, causada por fusários, favorecidos pelo encharcamento do solo (Tabelas 2 e 3).

5.2 A produção de milho e de mandioca no município

A análise dos dados gerou um comportamento anual da produção de mandioca e milho no município de Bujaru e correlacionou com extremos climáticos levando em consideração os efeitos do clima de El Niño e La Niña. Realizou-se ainda a comparação da precipitação em relação a produção buscando um maior entendimento para a população quanto ao comportamento da produção conforme a interferência de extremos climáticos.

O desempenho da produção foi feito de forma individual em cada tipo de cultura, apresentando as condições anuais de cada período coletado, demonstrando a vulnerabilidade da produção quanto a riscos climáticos, criando um guia de orientação sobre o assunto, levando em consideração a as especificidades de cada vegetal e suas interações como outros fatores como: as características de solo, relevo e clima.

Tabela 2- Quantidade de produção de mandioca (t) de 2009 a 2019 em Bujaru (PA).

Anos	Quantidade produzida de mandioca (toneladas)										
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Toneladas	7200	8400	8400	8400	6000	9720	13200	12600	17000	17500	15222

Fonte: (SEDAP, 2020).

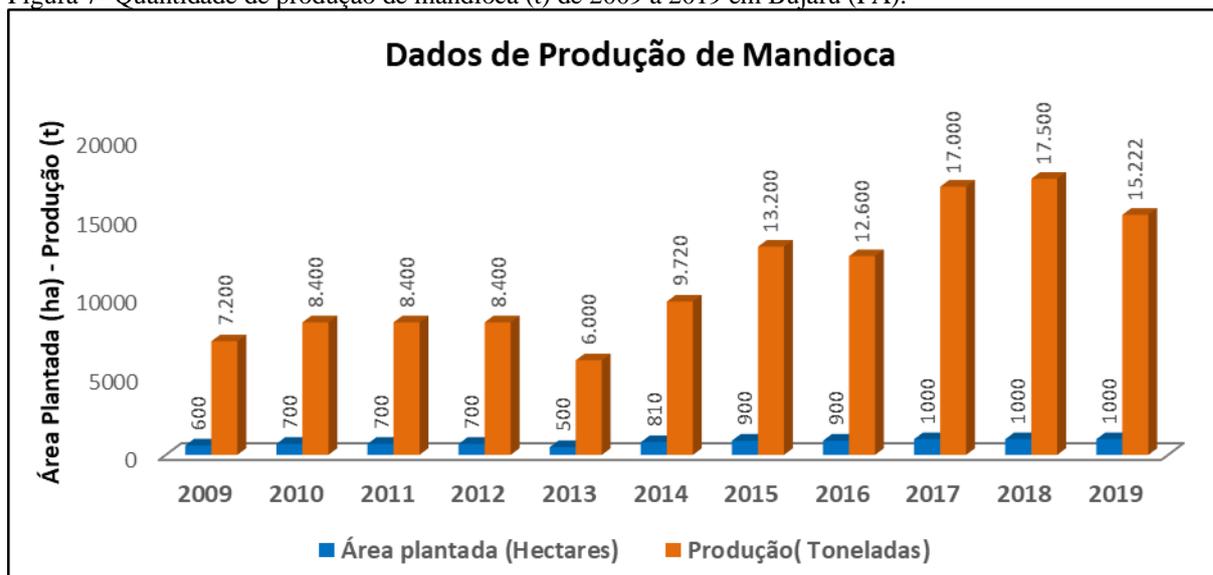
Tabela 3- Quantidade de produção de milho (t) de 2009 a 2019 em Bujaru (PA).

Anos	Quantidade produzida de milho (toneladas)										
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Toneladas	90	108	108	72	78	78	90	78	95	144	80

Fonte: (SEDAP, 2020).

No que se refere aos dados de produção verificou-se que para a cultura de mandioca houve uma produção de 123.642 toneladas no período de 2009 a 2019, sendo ano de 2013 o menos produtivo com 6.000 toneladas. A partir do ano de 2015 percebe-se um aumento gradativo na produção de mandioca, com destaque para o ano de 2018 que apresentou a maior produção com 17.500 toneladas (Figura 7).

Figura 7- Quantidade de produção de mandioca (t) de 2009 a 2019 em Bujaru (PA).



Fonte: (SEDAP, 2020).

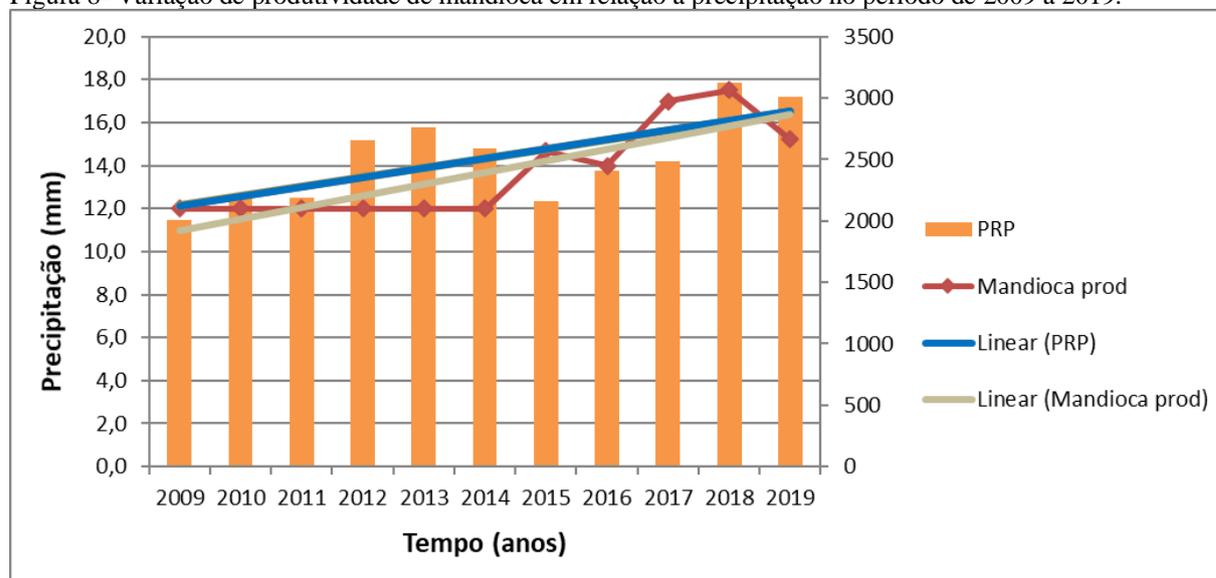
Evidencia-se que a quantidade de áreas plantadas no município de Bujaru mostrou aumento gradativo variando entre 600 e 1.000 hectares de cultura de mandioca no período de 2009 a 2019. Este padrão de áreas plantadas demonstra grande interferência na produção anual de mandioca, visto que os anos que tiveram maior número de áreas plantadas também mostraram mais produtividade. Dados da FAPESPA (2015) mostraram que no ano de 2013 o total da área plantada no estado do Pará com lavoura temporária continha 302.300 (há) destinados ao plantio da mandioca.

Corroborando com os resultados deste estudo, Santos (2017) em seu estudo nos municípios de Barcarena e Bujaru mostrou que existe correlação entre a produtividade de mandioca e a área colhida da mesma cultura, apresentando uma linha de tendência positiva com altos valores de correlação próximos, o estudo também mostra que a produção cresce conforme a expansão da área com concentração média de 10.280 toneladas em 718 hectares (ha) de área plantados.

De maneira geral, à medida que a PRP aumentou houve um aumento da produção da mandioca, no entanto em 2018 e 2019 a PRP aumentou mais (uns 500 mm a mais), e isso pode

ter interferido na produtividade da mandioca, devido ao excesso de água. Pois este vegetal precisa de uma determinada quantidade de água, quando passa desse limiar o excesso começa a ser prejudicial (figura 8).

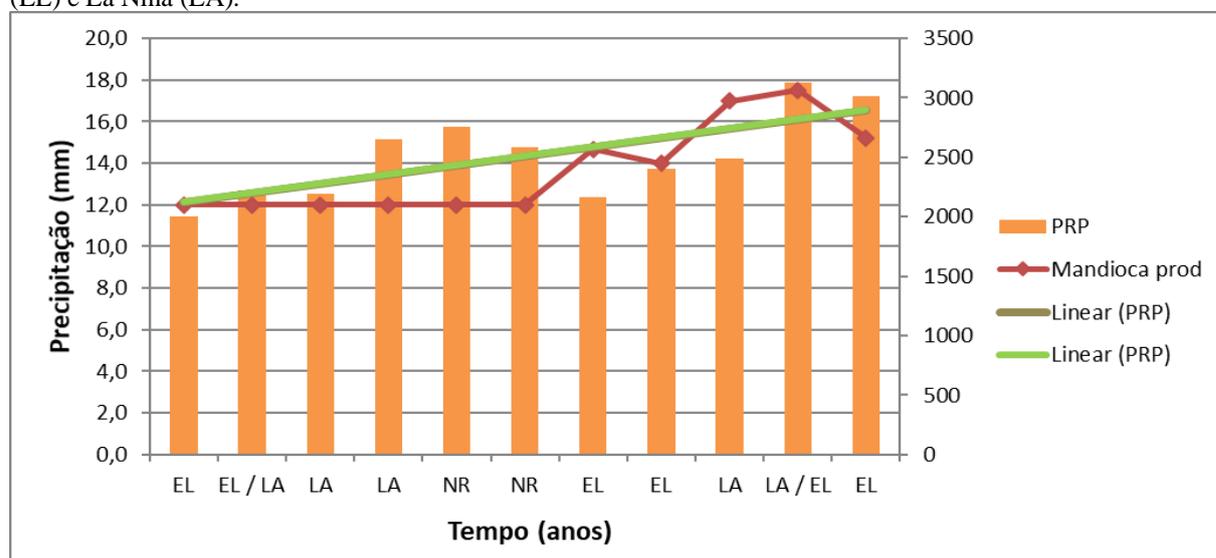
Figura 8- Variação de produtividade de mandioca em relação a precipitação no período de 2009 a 2019.



Fonte: Do autor.

Quando analisada a relação da produtividade da mandioca com eventos ENOS é possível observar que nos anos de ocorrência de El Niño e/ou La Niña a produtividade de mandioca não sofreu influência significativa, pois nos primeiros anos de análise percebe-se uma produtividade constante, mesmo diante de uma oscilação positiva para os índices de precipitação (figura 9).

Figura 9- Variação de produtividade de mandioca em relação a precipitação em anos de ocorrência de El Niño (EL) e La Niña (LA).

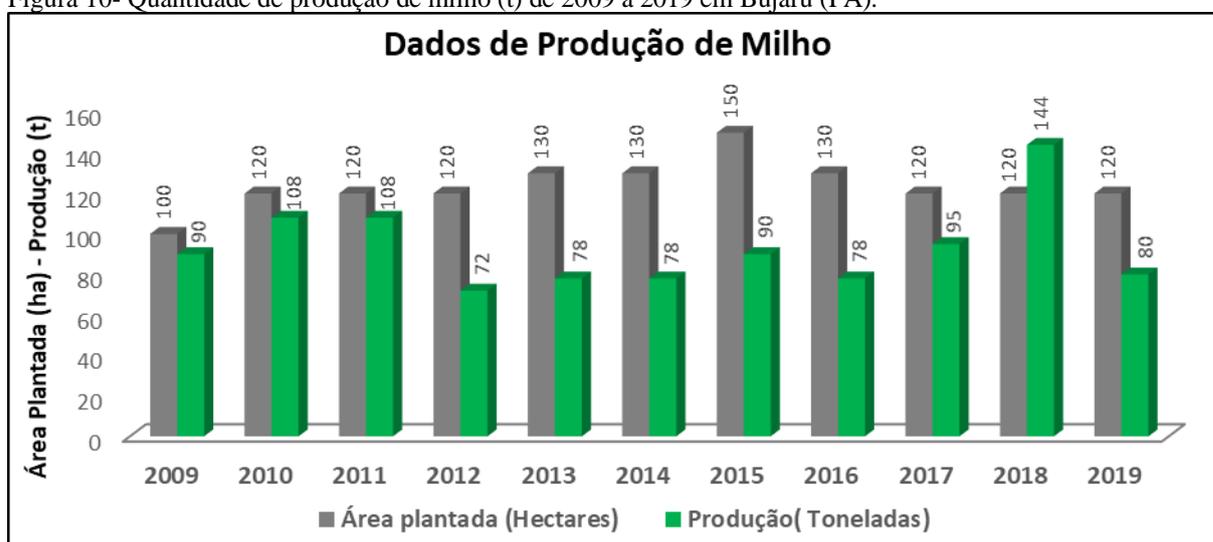


Fonte: Do autor.

Vale destacar que o município de Bujaru apresenta boa disponibilidade de áreas de plantio além de ótimas condições climáticas para o cultivo da mandioca. Neste sentido, Santos, Vitorino e Pimentel (2017) afirmam que o nordeste paraense concentra a maior densidade demográfica do Estado do Pará, elevados índices pluviométricos, além de uma ampla rede de produção agropecuária, tornando-se o maior centro consumidor dos bens produzidos no campo.

Para o rendimento do milho as características são também similares a produção que totalizou 1.021 toneladas para o mesmo período destacando positivamente o ano de 2018 que apresentou a maior produção anual com 144 toneladas, por outro lado, o ano de 2012 foi o que apresentou a menor produção anual com 72 toneladas como mostra a figura 10.

Figura 10- Quantidade de produção de milho (t) de 2009 a 2019 em Bujaru (PA).



Fonte: (SEDAP, 2020).

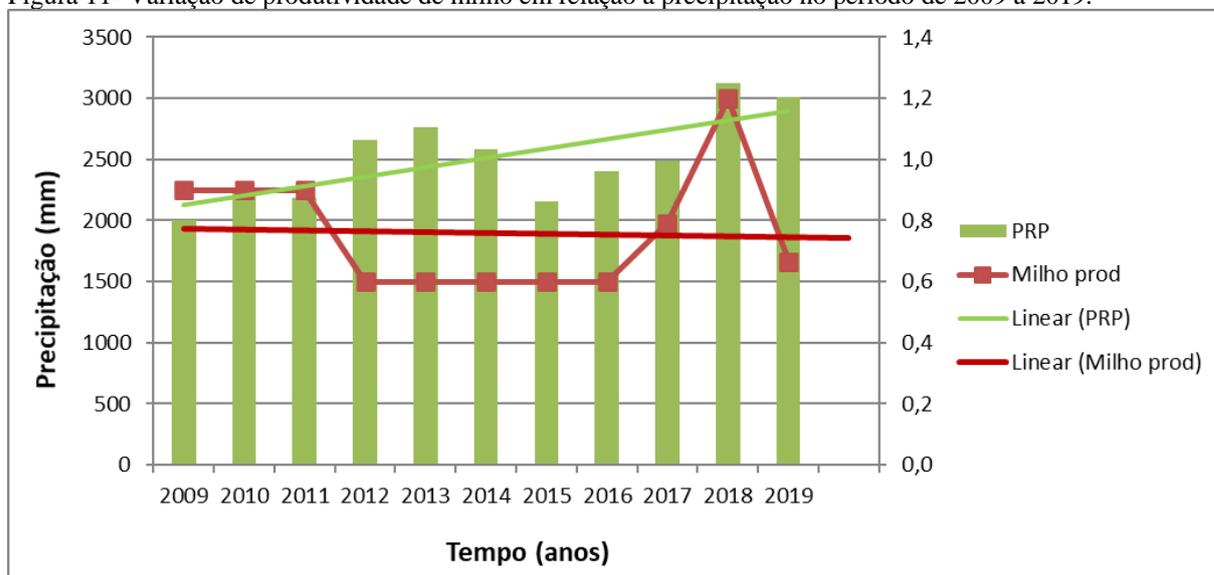
Os resultados supracitados são bem superiores ao encontrados por Damasceno et al. (2018) que mostrou a produção de milho variando entre 10.735 t no ano de 2017 e 49.066 t no ano de 2011, na microrregião do Guamá.

Quando analisada a relação à área plantada e produção para a cultura do milho, verificou-se que mesmo com aumento de áreas plantadas a produção não seguiu o mesmo padrão. Por exemplo, ano de 2015 foi o que apresentou a maior extensão de área plantada, contudo, para este ano a produção foi igual à do ano de 2009 que ofertou a menor extensão de área plantada.

Observa-se que, nos anos em que a média anual de precipitação apresentou altos índices (2018 e 2019), a produção das duas culturas apresentaram comportamentos distintos quanto aos valores de produção. Embora que em 2018 tenha apresentado a maior média de precipitação e também a maior produção para ambas as culturas, os demais anos não mostraram o mesmo

comportamento, a exemplo do ano de 2019 que apresentou a segunda maior média de precipitação anual com a terceira melhor produção de mandioca e sétima melhor produção anual de milho na região (figura 11).

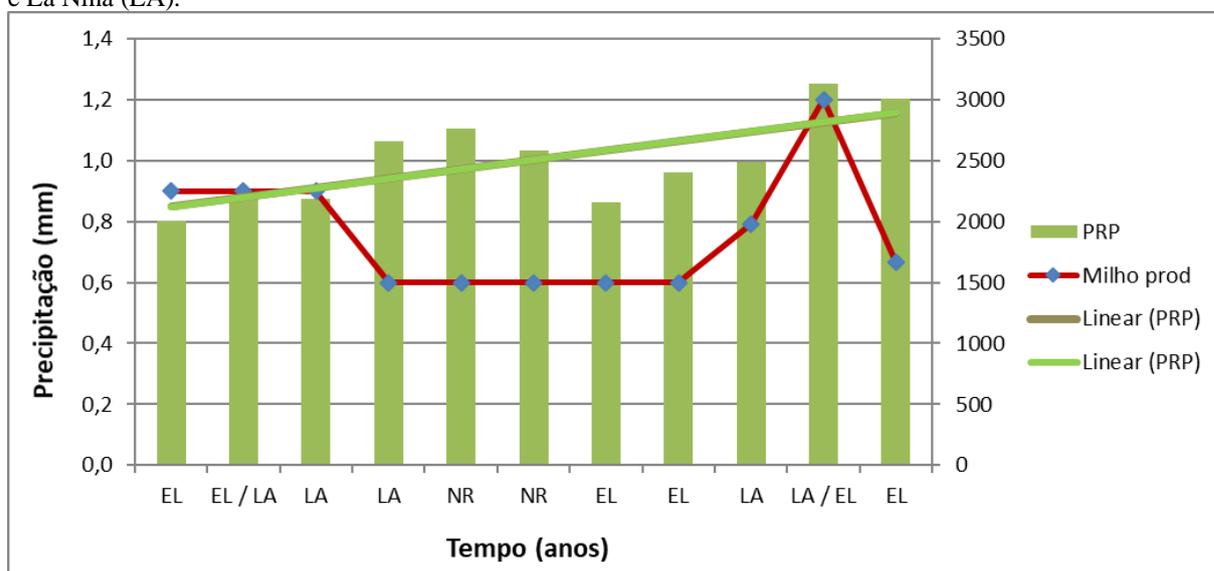
Figura 11- Variação de produtividade de milho em relação a precipitação no período de 2009 a 2019.



Fonte: Do autor.

Verificou-se a ocorrência de fenômenos ENOS em quase todos os anos referentes a série de 2009 a 2019. Ressalta-se que apenas os anos de 2013 e 2014 não ocorreram eventos de El Niño e/ou La Niña. Contudo, o biênio (2013/2014) que não apresentou ocorrências de fenômenos ENOS foram os que apresentaram as menores médias de produção tanto para a cultura de mandioca quanto para cultura de milho.

Figura 12- Variação de produtividade de milho em relação à precipitação em anos de ocorrência de El Niño (EL) e La Niña (LA).



Fonte: Do autor.

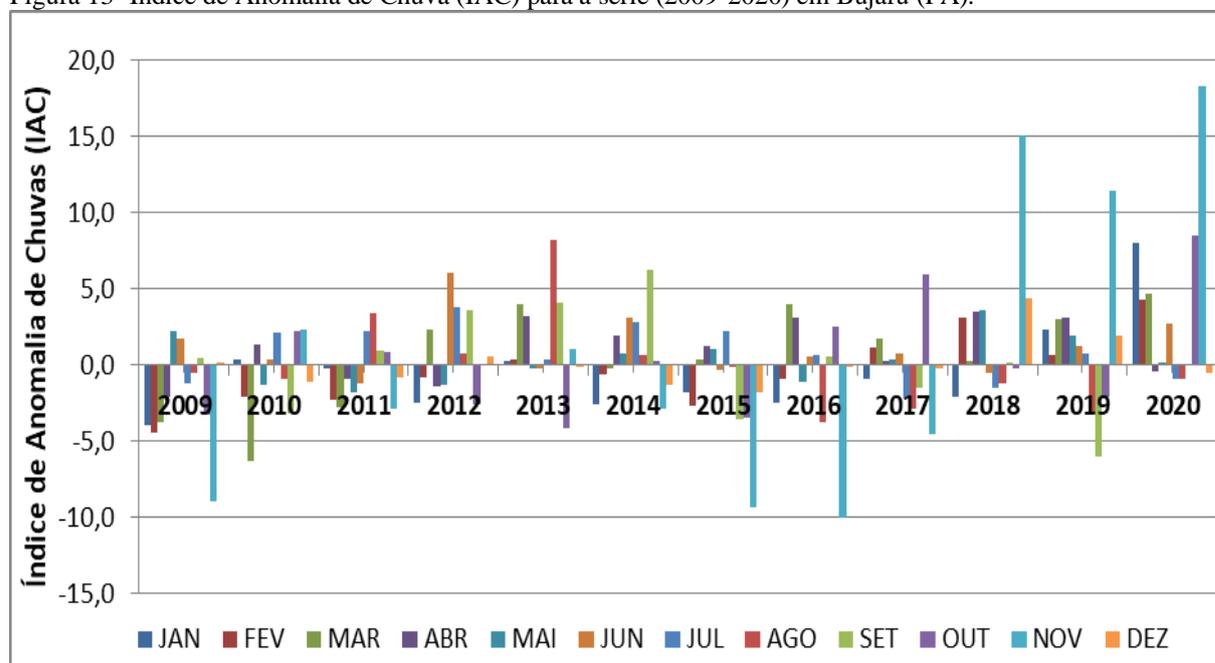
Percebe-se que apesar da ocorrência de fenômenos ENOS em alguns anos, estes fenômenos não mostram grandes interferências nos resultados de produção da cultura de mandioca. Contudo, para a cultura de milho infere-se que os anos de ocorrência de El Niño (2009, 2010, 2015, 2016, 2018 e 2019) a produção de milho pode ter sido influenciada negativamente por este fenômeno, com exceção do ano de 2018 que apresentou a maior produção anual que também foi um ano que apresentou a ocorrência do fenômeno La Niña.

Sob a influência dos fenômenos ENOS na produtividade de culturas agrícolas, Araújo (2012), afirmam que as perdas ocasionadas pelos fenômenos ENOS na agricultura são expressivas e afetam diretamente o bem-estar e a renda dos produtores rurais.

Um ponto importante a se destacar no município de Bujaru e o uso do zoneamento agroclimático é que as chuvas intensas em Bujaru têm sido motivo de muitas preocupações com o plantio de milho e mandioca, além de outras culturas que são plantadas naquele território. O resultado dessas chuvas pode ocasionar erosões de grande porte afetando diretamente a produção agrícola da região.

5.3 Índice de Anomalia de Chuva

Figura 13- Índice de Anomalia de Chuva (IAC) para a série (2009-2020) em Bujaru (PA).



Fonte: Do autor.

Na análise do IAC (figura 4) é possível observar a variação dos meses secos e chuvosos entre os anos de 2009 e 2020 no município estudado demonstrando uma grande variabilidade pluviométrica. Destaca-se que os valores de IAC variaram com o passar dos anos, e até mesmo

para um mesmo mês em anos diferentes possuindo picos muito altos em alguns anos e picos muito baixos em outros, como por exemplo, o mês de novembro que apresenta picos negativos significativos nos anos de 2009, 2015 e 2016, já nos anos de 2018, 2019 e 2020 o mesmo mês apresenta picos positivos muito expressivos. Também é perceptível que até o ano de 2017 os dados seguem uma tendência negativa.

Ressalta-se que ao relacionar o índice IAC com os fenômenos ENO, foi possível perceber que os anos que apresentaram os maiores picos negativos de IAC são os anos (2009, 2015 e 2016) que tiveram ocorrência de. Por outro lado, os anos que possuem os mais elevados picos positivos de IAC, são geralmente anos (2018, 2019 e 2020 de ocorrência de La Niña).

Neste sentido, Limberger e Silva (2016), em um estudo sobre a Amazônia brasileira, afirmaram que os eventos de El Niño e La Niña são responsáveis por grande parte da variância que ocorre nas precipitações da região. O estudo de Souza et al. (2020) que analisou o índice IAC no município de Tucuruí-PA, também mostrou a existência de variância na precipitação, com ocorrência de severidade da anomalia negativa, em relação à anomalia positiva.

5.4 A importância do zoneamento agroclimático

Diante da revisão da literatura e dos resultados apresentados nesta pesquisa, torna-se evidente a importância do zoneamento agroclimático como subsídio para o plantio das culturas de milho e mandioca, pois estes vegetais apresentam características peculiares semelhante no que diz respeito às condições climáticas. Além disso, o zoneamento agroclimático possibilita o reconhecimento de áreas com potencial climático para o cultivo de culturas agrícolas, contribuindo diretamente a diminuição de riscos causados por interferências climáticas.

Alguns estudos mostram que o zoneamento agroclimático também contribui para uma agricultura racional e sustentável, facilitando o planejamento ecologicamente correto nas atividades agrícola (POSSAS et al., 2012; SOUSA et al., 2013).

Neste sentido, o uso do aplicativo ZARC tornou-se uma excelente ferramenta para a obtenção de informações sobre as condições climáticas de uma determinada região para o plantio de culturas agrícolas como milho e mandioca.

O ZARC mostrou indica ações e/ou informações contribuindo para incrementos na produtividade de da cultura de milho e mandioca, com as condições climáticas favoráveis, a melhor época de plantio, propiciando ainda redução de riscos para essas culturas como mostra o manual no anexo 1 deste estudo.

De acordo com o ZARC, para o município de Bujaru a melhor época para o plantio de mandioca é o período de janeiro a junho onde ocorrem as maiores taxas de chuvas na região. Analisando o cenário mais seco (julho a novembro), observou-se a ocorrência de períodos longos de baixos índices de precipitação ocasionando deficiência hídrica que certamente afeta a produtividade da cultura.

Para a cultura de milho o ZARC indica que a melhor época está compreendida entre os meses de janeiro a maio, sendo que os meses de dezembro e janeiro já apresentam restrições para o cultivo deste vegetal. A pior época para o plantio está entre os meses de junho a novembro.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em vias de conclusão, destaca-se que os objetivos propostos para esta pesquisa foram alcançados, uma vez que o objetivo geral que foi analisar como os eventos climáticos extremos interferem no ambiente e na produção de mandioca e de milho no Município de Bujaru no estado do Pará.

A partir dos objetivos definidos e os resultados adquiridos neste estudo foi possível constatar que existe relação entre os eventos meteorológicos com o plantio das culturas de mandioca e milho e que dependendo da intensidade e/ou duração de alguns eventos climáticos como El Niño e La Niña podem ocorrer e não interferir na produtividade de mandioca e milho.

A pesquisa mostrou que tanto a mandioca quando o milho por serem espécies sazonais também chamadas de culturas de ciclo curto conhecidas como culturas alimentares anuais mostraram-se altamente adaptada às condições climáticas da região amazônica, proporcionando altas demandas de produtividades, principalmente para a cultura de mandioca.

Destaca-se que estado do Pará em especial o município de Bujaru apresenta características climáticas que favorecem o desenvolvimento das culturas de mandioca e milho. A cultura da mandioca, atualmente, faz do Pará o maior produtor nacional, podendo ser realizada, principalmente, pela agricultura familiar ou agroindústria.

O estudo mostrou dados de precipitação, produção e ocorrências de fenômenos ENOS e seus reflexos na cultura do milho da mandioca, identificando as correlações entre comportamento das chuvas e a produtividade agrícola, sendo este alcançado, uma vez que, foi possível realizar correlações entre variabilidade pluviométrica e a atuação de alguns sistemas de circulação atmosférica buscando evidenciar a sua interferência na produtividade agrícola do milho e da mandioca em Bujaru.

Ressalta-se que este estudo poderá ajudar no avanço das culturas agrícolas na região do nordeste paraense através do uso de tecnologias capazes de gerar dados precisos a respeito da produção e influência climática sobre essas culturas. O zoneamento agroclimático da região ajuda a obter informações sobre os déficits e excessos hídricos climatológicos, e do índice hídrico anual, permite delimitar as zonas com diferentes aptidões agroclimáticas para o cultivo do milho e da mandioca.

Finalmente destaca-se que além do relatório técnico sobre a temática aqui discutida, busca-se gerar dados para a literatura específica da área através da produção e publicação de um produto técnico que consiste na criação de um manual para o uso do aplicativo ZARC

plantio certo, que ajudar que essas novas tecnologias e informações cheguem até os agricultores do município de Bujaru.

Podemos concluir que nossas observações confirmam que a época de plantio da mandioca e do milho ocorre geralmente no mês de janeiro, mês de maior ocorrência de chuvas o que tem beneficiado fortemente a cultura do milho, já para a cultura da mandioca observamos que o excesso de chuva tem atrasado o desenvolvimento vegetativo e até muitas vezes ocorrendo prejuízo por doenças que podem ter origem diversas desde a procedência dos materiais plantados, diversos tipos de materiais trazidos das comunidades vizinhas, a mais importante doença tem sido a fusariose causadora da podridão de raiz, isso tem influenciado fortemente na produção.

Observamos também que a maioria dos casos de erosão se deu pela prática de derruba e queima do revestimento florístico deixando o solo desprotegido ocorrendo perda de solo assoreamento de cursos de água e redução do plantio.

A forma de organização dos agricultores se dá pela associação o que pode ser visto como ponto positivo para o início de uma prática de observação climática concentrada em registro dos índices pluviométricos fazendo o uso de pluviômetros alternativos que no futuro possa estabelecer uma série histórica com objetivo de melhor orientar as épocas de plantio e aumentar os índices de acerto nos cultivos.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS — ANA Brasil. **Relatório técnico 2020**. Disponível em: https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/62/2/Unidade_1.pdf. p. 20. Acesso em: 30 ago. 2020.
- ALBUQUERQUE, Monik Fernandes. *et al.* Precipitação nas mesorregiões do Estado do Pará: climatologia, variabilidade e tendências nas últimas décadas (1978-2008). **Revista Brasileira de Climatologia**. v. 6, p. 151-168, jun. 2010.
- ALMEIDA, E. de; PETERSEN, P.; PEREIRA, F. J. Lidando com extremos climáticos; análise comparativa entre lavouras convencionais e em transição agroecológica no Planalto Norte de Santa Catarina. **Agriculturas: experiências em agroecologia**. Rio de Janeiro AS-PTA, v. 6, n. 1, p. 28-32, 2009.
- ALMEIDA, Nicole Moreira *et al.* Produção de mudas micropropagadas de mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) em larga escala: uma inovação tecnológica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 16.; CONGRESSO LATINOAMERICANO E CARIBENHO DE MANDIOCA, 1., 2015, Foz do Iguaçu **Anais[...]**. Foz do Iguaçu: SBM, 2015. p. 01-04.
- ALTAFIN, Iara. **Reflexões sobre o conceito de agricultura familiar**. Brasília,DF: CDS/UnB, . p. 1-23. 2007
- ALVARES, Clayton Alcarde *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALVES, F. Q. G. *et al.* Qualidade fisiológica de híbridos de milho submetidos a diferentes temperaturas. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28., 2010, Goiânia. **Anais[...]** Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010. p. 3714-3718.
- ALVES, Jandelson de Oliveira *et al.* Índice de anomalia de chuva para diferentes mesorregiões do Estado de Pernambuco. **Pensar Acadêmico**, v. 14, n. 1, p. 37-47, 2016.
- AMANAJÁS, Jonhatas Castro; BRAGA, Celia Campos. Padrões espaço-temporal pluviométricos na Amazônia Oriental utilizando análise multivariada. **Revista Brasileira de Meteorologia**.Campina Grande, v. 27, n. 4, p. 423-434, 2012.
- AMASCENO, Jonatan de Lima *et al.* Evolução da produção de milho na microrregião do Guamá, Pará. In: CONGRESSO NACIONAL DA CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 3., 2018, **Resumo[...]** Cointer-PDVAGRO, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.31692/2526-7701.IIICOINTERPDVAGRO.2018.00130>. Acesso em: 17 ago. 2021.
- ARAÚJO, Paulo Henrique Cirino. **Eventos climáticos extremos: os efeitos dos fenômenos El Niño e La Niña sobre a produtividade agrícola das regiões Nordeste e Sul do Brasil**. 2012. 45 f. Dissertação (Pós-Graduação em Economia Aplicada) – Universidade Federal de Viçosa, programa de pós-graduação em Economia Aplicada, Viçosa, 2012.

BARROS, Jose. F. C.; CALADO, Jose. G. **A cultura do milho** (Texto de apoio). Universidade de Évora, Escola de Ciências e Tecnologia, Departamento de Fitotecnia, 2014, 52 p. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10174/10804>. Acesso em: 15 de maio. 2020.

BRASIL. **Diretrizes da política nacional da agricultura familiar**. Brasília,DF, 2006. Disponível em: <http://www.camara.gov.br/sileg/integras/837541.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2020.

BRASIL. **Lei n. 11.326**. Diretrizes para a formulação da política nacional da agricultura familiar e empreendimentos familiares rurais. Brasília,DF 24 de julho de 2006. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento?dm=4080268&disposition=inline>. Acesso em: 26 mai. 2020.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário — MDA. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Novo retrato da agricultura familiar: o Brasil redescoberto**. Brasília,DF: MDA, 2005.

BRASIL. **Pontencial de agressividade climática na Amazônia Legal**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: Ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html. Acesso em: 25 set. 2019.

BRASIL. **Práticas mecânicas de conservação de água e solo: unidade 1. Erosão hídrica**. Disponível em: https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/62/2/Unidade_1.pdf. p. 20. Acesso em: 31 ago. 2020.

BRASIL. Secretaria de Agricultura — SAGRI. Levantamento da realidade agrícola do Estado do Pará. *In: EMATER-PA: série documentos*, v. 5. 65 p., 1996.

BRASIL. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Agropecuário e da Pesca — SEDAP. **Série histórica da mandioca**. 2020. Disponível em: <http://www.sedap.pa.gov.br/dados-agropecuarios/agropecuaria>. Acesso em: 31 ago. 2020.

CAMPONOGARA, Glauber; DIAS, Maria Faus da Silva. Precipitação diária e estrutura vertical da atmosfera em Belém, PA. **Ciência e Natura**, São Paulo, p. 263-266, 2011.

CARMELLO, Vinicius. **Análise da variabilidade das chuvas e sua relação com a produtividade da soja na vertente paranaense da bacia do Paranapanema**. 2013. 123 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2013.

CARVALHO, Daniel Ferreira *et al.* Perdas de solo e água em um argissolo vermelho amarelo, submetido a diferentes intensidades de chuva simulada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Seropédica, v. 6, n. 3, p. 385-389, 2002.

CASA DO TERMOMETRO. E-commerce. <https://www.casadotermometro.com.br/pluviometro-analogico-0-a-140mm>. Acesso em: 31 jul. 2021.

COCH. empresa especializada em produtos e soluções técnicas para captação e aproveitamento de água de chuva. <https://cosch.com.br/o-que-e-indice-pluviometrico>. Acesso em: 30 jul. 2021.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, 15/16. Brasília,DF, 2016. 12p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO — CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 2013/14: sexto levantamento.** Brasília,DF, v. 1, n. 6, p. 1-83, mar. 2014.

CONCEIÇÃO, Isaias Jesus; SAMOLÃO, Rafael Paiva; SANTANA, Antônio Cordeiro. Proposta de um sistema de avaliação do risco potencial de queda de árvores em parques urbanos. **Revista Árvore**, v. 41, n. 4, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-90882017000400008>. Acesso em: 20 jun. 2020.

CONTINI, Elisio *et al.* **Milho: caracterização e desafios tecnológicos.** Brasília,DF: Embrapa, 2019. (Desafios do Agronegócio Brasileiro, 2).

CORREA, Denison Lima. *et al.* Avaliação da produtividade do dendê (*Elaeisguineensis*) através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento do município de Concórdia do Pará. *In: SEMINÁRIO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRA*, 10., 2012, Belém. **Anais[...]**. Belém: UFRA, 2012. p. 01-04.

CORRÊA, Tânia Barreto Simões. *et al.* Zoneamento de riscos climáticos do consórcio feijão-milho no estado do Rio de Janeiro. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA*, 16., 2009, Belo Horizonte. **Anais[...]**. Belo Horizonte: ABA, 2009. p. 01-06.

COSTA, F. A. **Diversidade estrutural e desenvolvimento sustentável: para um planejamento regional para a Amazônia (Relatório de pesquisa).** Belém: UFPA-NAEA, 1993.

DECHEN, Sonia Carmela Falci *et al.* Perdas e custos associados à erosão hídrica em função de taxas de cobertura do solo. **Bragantia**, v. 74, n. 2, p. 224-233, 2015.

DEFESA CIVÍL DE PETROPÓLIS -Secretaria de Proteção e Defesa Civil do Município de Petrópolis.<https://www.petropolis.rj.gov.br/dfc/index.php/pluviometros-caseiro.html>. Acesso em: 29 jul. 2021.

DINIZ, Aline Franco. **Variabilidade climática e sua influência na produtividade do milho na microrregião de Feira de Santana (Bahia).** 2016. 111 f. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA . **Sistemas de Produção**, 2 ISSN 1679-012X Versão Eletrônica - 5^a ed. Setembro, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. **Soluções tecnológicas. Aplicativo Zarc - Plantio Certo.** Ministério da Agricultura, 2019. Disponível: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/6516/aplicativo-zarc---plantio-certo>. Acesso em: 31 jul. 2021.

FERREIRA, Douglas Batista; SOUZA, Evereldo Barreiros de; OLIVEIRA, Juarez Ventura de. Identificação de extremos de precipitação em municípios do Estado do Pará e sua relação com os modos climáticos atuantes nos oceanos Pacífico e Atlântico. **Revista Brasileira de Climatologia**, Belém, ano 16, v. 27, p. 197-222, jul./dez. 2020.

FERREIRA, Wesley Dam Quaresma.; MATOS, Fabio Oliveira; SILVA, T. M. Delimitação automática da bacia hidrográfica do Rio Bujaru utilizando dados SRTM. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA*, 27; EXPOSICARTA, 26., 2017, Rio de Janeiro.

Anais[...]. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto, p. 1235-1238, 2017.

FONSECA, Sandy Santos da; CASTRO, Roberta Rowsy Amorim de. Cultivo e beneficiamento de *Manihot esculenta* Crantz. pelos agricultores familiares da comunidade Açaizal Monte Alegre, Pará. **Revista Agroecossistemas**, v. 9, n. 1, p. 21-31, 2017.

FUNDAÇÃO AMAZÔNIA DE AMPARO A ESTUDOS E PESQUISAS DO PARÁ — FAPESPA. **Boletim Agropecuário do Estado do Pará: Belém**. v. 1, 38 p, 2015.

GALVÃO, João Carlos Cardoso *et al.* Sete décadas de evolução do sistema produtivo da cultura do milho. **Revista Ceres**, v. 61, p. 819-828, 2014.

GONZALEZ Rosemeire Araújo *et al.* A influência do evento El Niño–Oscilação Sul e Atlântico Equatorial na precipitação sobre as regiões norte e nordeste da América do Sul. **Acta Amazônica**, v. 43, p. 469–480, 2013.

GRISA, Catia; SCHNEIDER, Sergio. Três gerações de políticas públicas para a agricultura familiar e formas de interação entre sociedade e estado no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Pelotas, v. 52, p. 125-146, 2014.

GUANZIROLI, Carlos Enrique; BUAINAIN, Antonio Marcio; DI SABBATO, Alberto. Dez anos de evolução da agricultura familiar no Brasil: 1996 e 2006. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, v. 50, n. 2, p. 351-370, 2012.

HEBERLÊ, Antonio. **A agricultura familiar brasileira no contexto mundial**. Brasília,DF: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- EMBRAPA, 2014.

HOFFMANN, Rodolfo. A agricultura familiar produz 70% dos alimentos consumidos no Brasil? **Segurança Alimentar e Nutricional**, Piracicaba, v. 21, n. 1, p. 417-421, 2014.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Brasil). **Bujaru**. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pa/bujaru.html>. Acesso em: 23 jun. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Censo agropecuário**. 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/pms/brasil>. Acesso em: 04 jun. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Dados da produção de produção agrícola municipal no Brasil. Culturas temporárias e pernanetes**. 2005. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/66/pam_2005_v32_br.pdf. Acesso em: 08 jul. 2021.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE-IPCC. **Climate change 2013: the physical science basis: contribution of Working Group I to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Stocker, T. F.; Qin, D.; Plattner, G.-K.; Tignor, M.; Allen, S. K.; Boschung, J.; Nauels, A.; Xia, Y.; Bex, V., Midgley, P. M. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, 2013.14 p.

LEDO, Carlos Alberto da Silva. *et al.* **Hibridação interespecífica entre espécies silvestres de *Manihot* (*Euphorbiaceae*-*Magnoliophyta*) e cultivares de mandioca (*Manihot esculenta Crantz*).** Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2014. 25 p.

LEWIS, Simon L. *et al.* The 2010 Amazon drought. **Science**, v. 331, p. 554, 2011.

LIMA, Deborah; STEWARD, Angela; RICHERS, Bárbara Trautman. Trocas, experimentações e preferências: um estudo sobre a dinâmica da diversidade da mandioca no médio Solimões, Amazonas. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, v. 7, p. 371-396, 2012.

LIMBERGER, Leila; SILVA, Maria Elisa Siqueira. Precipitação na bacia amazônica e sua associação à variabilidade da temperatura da superfície dos oceanos Pacífico e Atlântico: uma revisão. **GEOUSP Espaço e Tempo** (Online), v. 20, n. 3, p. 657-675, 2016.

LOUZADA, Camila Oliveira. Impacto dos eventos enos (El Niño e La Niña) na agricultura familiar no estado do Amazonas. **Formação** (online), Manaus, v. 26, n. 49, p. 143-162, 2019.

MACHADO, João Luiz Almeida.; **Milho: cidadão americano, cidadão do mundo.** São Paulo: Pontifícia Universidade Católica, 2009. Disponível em: http://www.miniweb.com.br/historia/artigos/i_antiga/alimentacao_mundo.htm. Acesso em: 25 mai. 2020.

MALDANER, Luciano Junior *et al.* Exigência agroclimática da cultura do milho. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, Palotina, v. 3, n. 1, p. 13-23, 2014.

MARCUZZO, Francisco Fernando Noronha *et al.* Distribuição espaço-temporal e sazonalidade das chuvas no Estado do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.16, n.4, p. 157-167, out/dez. 2011.

MARENGO, José A. *et al.* Recent extremes of drought and flooding in Amazonia: vulnerabilities and human adaptation. **American Journal of Climate Change**, v. 2, p. 87-96, 2013.

MARTINS, S. G. *et al.* Perdas de solo e água por erosão hídrica em sistemas florestais na região de Aracruz (ES). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Lavras, v. 27, n. 3, p. 395-403, 2003.

MEDEIROS, Raimundo Mainar *et al.* Aptidão climática da mandioca para o Estado de Pernambuco–Brasil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, p. e279119376-e279119376, 2020.

MENDES, R. Lavoura – vamos plantar milho. **Revista Rural**, n. 200, 2014. Disponível em: <http://www.revistarural.com.br/edicoes/item/6348-lavoura-vamos-plantar-milho>. Acesso em: 01 ago. 2020.

MILANESI, Marcos Alexandre; ALVES, Rogério Rozolen; GALVANI, Emerson. Comparativo entre instrumentos pluviométricos experimentais e automáticos. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, v. 1, p. 2251-2261, 2017.

MIRANDA, Pedro Saviniano; RODRIGUES, Wilcilene. **Sistema agroflorestal" agricultura em andares"**. Belém: Universidade Federal do Pará, Núcleo de Meio Ambiente, Programa Pobreza e Meio Ambiente na Amazônia, 1999.

MODESTO JUNIOR, Moises de Souza ALVES, Raimundo Nonato Brabo; SILVA, Enilson Solano Albuquerque. Produtividade de mandioca cultivada por agricultores familiares na região dos lagos, município de Tracuateua, Estado do Pará. **Amazônia: Ciência & desenvolvimento**, Belém, PA, v. 6, n. 12, p. 57-67, jan./jun. 2011.

MODESTO JUNIOR, Moises de Souza; ALVES, Raimundo Nonato Brabo. **Cultura da mandioca**: aspectos socioeconômicos, melhoramento genético, sistemas de cultivo, manejo de pragas e doenças e agroindústria. 1. ed. Brasília,DF: Embrapa, 2016. 257p.

MORAES, Bergson Cavalcanti de *et al.* Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. **Acta Amazonica**, v. 35, p. 207-214, 2005.

MORETO, Victor Brunini *et al.* Agrometeorological models for estimating sweet cassava yield. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48, n. 1, p. 43-51, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-40632018v4850451>. Acesso em: 04 jun. 2021.

MOURA, Maurício do Nascimento *et al.* **Padrões climáticos de precipitação e a produção de soja na Amazônia**. 2014. 94 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emílio Goeldi, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Belém, 2014. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/10988>. Acesso em: 20 jan. 2021.

OLIVEIRA, João R. de *et al.* Erosão hídrica em um Argissolo Vermelho-Amarelo, sob diferentes padrões de chuva simulada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 2, p. 140-147, 2010.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE — OMS. **Diretriz**: uso de formulações em pó de múltiplos micronutrientes para fortificação caseira de alimentos consumidos por bebês e crianças de 6–23 meses de vida. Genebra: Organização Mundial da Saúde, 2013. 30p.

OTSUBO, Auro Akio; LORENZI, José Osmar. (ed.). **Cultivo da mandioca na região Centro-Sul do Brasil**. Dourados,MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2004. 119p. (Sistema de Produção 6).

PANACHUKI, E. *et al.* Parâmetros físicos do solo e erosão hídrica sob chuva simulada, em área de integração agricultura-pecuária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 2, p. 261-268, 2006.

PARÁ (Estado). **Política de Recursos Hídricos do Estado do Pará**. Belém: SEMAS, 2012. 116 p.

PASINATO, Aldemir *et al.* Potential area and limitations for the expansion of rainfed wheat in the Cerrado biome of Central Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, p. 779-790, 2018.

PAULA, Márcia Maria; KAMIMURA, Quésia Postigo; SILVA, José Luís Gomes da. Mercados institucionais na agricultura familiar: dificuldades e desafios. **Revista de Política Agrícola**, v. 23, n. 1, p. 33-43, 2014.

PEREIRA FILHO, Israel Alexandre; TEIXEIRA, Flavia França. **O cultivo do milho-doce**. Brasília,DF: Embrapa, 2016. 16p.

PEREIRA, Henrique dos Santos *et al.* Percepção de eventos hidrológicos extremos por populações ribeirinhas afetadas da Amazônia Central. **REDE-Revista Eletrônica do PRODEMA**, v. 12, n. 01, p. 84-95, 2018.

PICOLOTTO, Everton Lazzaretti. Os atores da construção da categoria agricultura familiar no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, v. 52, p. 63-84, 2014.

POSSAS, José *et al.* Zoneamento agroclimático para a cultura do pinhão-manso no Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 993-998, 2012.

RAMALHO FILHO, Antonio *et al.* **Zoneamento agroecológico, produção e manejo para a cultura da palma de óleo na Amazônia**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. 216p.

RODRIGUES, T. E. *et al.* **Zoneamento agroecológico do município de Bujaru, PA**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. 83p. (Documento, 120).

ROMERO, Vanessa *et al.* Tendência do número de dias de chuva no estado de Goiás e a relação dos seus extremos com o índice oceânico niño. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 34, n. 3, p. 567-584, 2014.

SANCHES, Fabio de Oliveira *et al.* O índice de anomalia de chuva (IAC) na avaliação das precipitações anuais em Alegrete/RS (1928-2009). *Caminhos de Geografia*, v. 15, n. 51, 2014.

SANTOS, Fábio Pereira dos. **Coalizões de interesses e a configuração política da agricultura familiar no Brasil**. 2011.. 181 f. Tese (Doutorado em Administração Pública e Governo). Escola de Administração de Empresas de São Paulo (FGV-SP), São Paulo, 2011.

SANTOS, Glenio G.; GRIEBELER, Nori P.; OLIVEIRA, Luiz F.C.de. Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 115-123, 2010.

SANTOS, Marcos Ronielly da Silva. **A precipitação climática na mesorregião metropolitana de Belém e suas implicações socioambientais**. 2017. 152 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Pará, Belém- Pará, 2017.

SANTOS, Marcos Ronielly da Silva; VITORINO, Maria Isabel; PIMENTEL, Marcia Aparecida da Silva. Vulnerabilidade e mudanças climáticas: análise socioambiental em uma mesorregião da Amazônia. **Revista Ambiente & Água**, v. 12, p. 842-854, 2017.

SANTOS, Marcos Ronielly Silva; VITORINO, Maria Isabel; PIMENTEL, Márcia Aparecida da Silva. Contribuição da precipitação na produção agropecuária no nordeste paraense: um estudo na Amazônia brasileira. **Espacios**, Caracas, v. 38, n. 23, 2017. <https://www.revistaespacios.com/a17v38n23/a17v38n23p01.pdf>.

SANTOS, Wellington Gomes dos; MARTINS, João Isídio Freitas. O Zoneamento Agrícola de Risco Climático e sua contribuição à agricultura brasileira. **Revista de Política Agrícola**, v. 25, n. 3, p. 73-94, 2016.

SCHNEIDER, Sergio; CASSOL, Abel. **A agricultura familiar no Brasil**. Porto Alegre: FIDA/RIMISP, 2013. 93p. (Relatório de pesquisa).

SILVA JÚNIOR, C. D.; MARTINS, Maria Amália Gusmão; SICOLI, Assunta Helena. Novos arranjos institucionais para o fortalecimento da agricultura familiar: uma abordagem territorial. *In: NASCIMENTO, P.P.; SICOLI, A.H.; MARTINS, M.A.G.; BALSADI, O.V.; SILVA JÚNIOR, C.D. da. (ed.). Inovações em desenvolvimento territorial: novos desafios para a Embrapa. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica: Embrapa-Departamento de Transferência de Tecnologia, 2011. p. 63-89.*

SILVA, Allan Rodrigues *et al.* Variações no índice de anomalia de chuva no semiárido. **Journal of environmental analysis and progress**, p. 377-384, 2017.

SILVA, Damaris Santos da *et al.* Avaliação do efeito espacial na produção do milho no sertão sergipano. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 10, p. 20677-20701, 2019.

SILVA, Félix Lélis da; SILVA, Jéssica Rodrigues da; SILVA, Leandra R. Efeito do desmatamento e do programa de transferência de renda “Bolsa Família” na produção da mandioca (*Manihot esculenta crantz*) no Estado do Pará. **Observatorio de la Economía Latinoamericana**, n. 197, 2014. Disponível em: <https://www.eumed.net/cursecon/ecolat/br/14/produzao-mandioca.html>. Acesso em: 01 ago. 2020.

SILVA, Gelson Carneiro; VASCONCELOS, Carlos Américo Lima; FONSECA, Haydeé Borges. Ecoturismo os atrativos naturais em Bujaru/Pará. **Margens**, v. 7, n. 9, p. 267-280, 2016.

SILVA, José Raliuson Inácio *et al.* Efeito de diferentes usos do solo na erosão hídrica em região semiárida. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 27, n. 3, p. 272-283, 2019.

SILVA, Lindenbergl L. da *et al.* Influência das precipitações na produtividade agrícola no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, p. 454-461, 2009.

SILVA, Márcio G.; AMORIM JUNIOR, P. C. G. Inovações organizacionais para a construção de mercados locais e solidários em Espera Feliz (MG). **Revista Agriculturas**, v. 10, n. 5, p. 14-17, 2013.

SILVA, N. C. A. **Conservação, diversidade e distribuição de variedades locais de milho e seus parentes silvestres no extremo Oeste de Santa Catarina, Sul do Brasil**. 2015. 230 f. Tese (Doutorado em Ciências). 2015. 230 f. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2015.

SOUSA, Francinalva de Moraes *et al.* Zoneamento agroclimático da cultura da goiabeira no estado do Piauí, Brasil. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 9, n. 3, p. 81-86, 2013.

SOUZA, Ana *et al.* Análise do índice de anomalia de chuvas do município de Tucuruí-PA. **Enciclopédia Biosfera**, v. 17, n. 32, p. 61-73, 2020.

SOUZA, Everaldo B. de *et al.* Precipitação sazonal sobre a Amazônia oriental no período chuvoso: Observações e simulações regionais com o RegCM3. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, p. 111-124, 2009.

SOUZA, Everaldo B. de. *et al.* On the influences of the El Niño, La Niña and Atlantic Dipole Paterni on the Amazonian Rainfall during 1960-1998. **Acta Amazonica**, São José dos Campos, v. 30, n. 2, p. 305-318, 2000.

- SOUZA, Everaldo Barreiros de *et al.* Sazonalidade da precipitação sobre a Amazônia Legal Brasileira: clima atual e projeções futuras usando o modelo RegCM4. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 18, 2016. DOI:10.5380/ABCLIMA.V18I0.43711.
- SOUZA, Jorge Luiz Moretti *et al.* Precipitação medida com pluviômetros alternativos na região de Curitiba (PR) Precipitation measured with alternative rain gauges in the region of Curitiba, Paraná, Brazil. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 11, p. 83-92, 2013.
- SOUZA, Paulo Fernando de *et al.* Impactos dos anos climáticos extremos no rendimento da lavoura temporária de mandioca na região rural da metrópole de Belém-Pará. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 21, p. 94-112, 2017.
- STEINMETZ, Silvio; SILVA, SC da. **Início dos estudos sobre zoneamento agrícola de risco climático (ZARC) no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 27p. 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/168747/1/Silvio-Steinmetz-Doc-312.pdf>. Acesso em: 01 ago. 2021.
- TEIXEIRA, G.; PIETROBOM, M. R. *Hymenophyllaceae (Polypodiopsida)* na mesorregião metropolitana de Belém, Estado do Pará, Brasil. **Rodriguésia**, Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, v. 66, n. 3, p. 807-827, 2015.
- TERACINES, Edson Baptista. Impactos econômicos do El Niño 97/98 na produção agrícola brasileira. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 4., 2000. **Clima e Ambiente** : anais. (Sustentabilidade, Riscos, Impactos), 2000. p. 1362-1372.
- TORRES, Roger R. *et al.* Socio-climatic hotspots in Brazil. **Climatic Change**, v. 115, n. 3, p. 597-609, 2012.
- TURPIN, M. E. A alimentação escolar como fator de desenvolvimento local por meio do apoio aos agricultores familiares. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 16, n. 2, p. 20-42, 2009. Disponível em: [http://www.unicamp.br/nepa/arquivosan/volume1622009/2MarinaMariaElenaTurpin %5B20-42%5d.pdf](http://www.unicamp.br/nepa/arquivosan/volume1622009/2MarinaMariaElenaTurpin%5B20-42%5d.pdf) . Acesso em: 03 ago. 2020.
- UFPR - Universidade Federal do Paraná. Departamento de solos e engenharia agrícola. chromextension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2F. Acesso em: 29 jul. 2021.

APÊNDICE A - PRODUTO TÉCNICO DA DISSERTAÇÃO

O produto técnico aqui apresentado, está caracterizado como um manual do aplicativo ZARC plantio certo, desenvolvido pela EMBRAPA no ano de 2019. Em termo gerais, a operacionalização do Zarc é resultante de uma metodologia precisa que busca definir quais são as características do clima e do tempo meteorológico para determinado conjunto de lugares no território nacional levando em consideração algumas características como o tipo de cultura e suas necessidades edafoclimáticas.

É relevante frisar que o Zarc é um importante instrumento técnico-científico voltado para a questão das perdas da agricultura, minimizando os riscos relacionados aos fenômenos climáticos adversos que afetam as culturas em diferentes formas de manejo e localização geográfica. Destaca-se que uso do aplicativo ZARC plantio certo, faz com novas tecnologias e informações cheguem até os agricultores do município de Bujaru.

As observações feitas no aplicativo confirmam que a época de plantio da mandioca e do milho ocorre geralmente no mês de janeiro, mês de maior ocorrência de chuvas o que tem beneficiado fortemente a cultura do milho, já para a cultura da mandioca observamos que o excesso de chuva tem atrasado o desenvolvimento vegetativo e até muitas vezes ocorrendo prejuízo por doenças que podem ter origens diversas.

A forma de organização dos agricultores se dá pela associação o que pode ser visto como ponto positivo para o início de uma pratica de observação climática concentrada em registro dos índices pluviométricos fazendo o uso de pluviômetros alternativos que no futuro possa estabelecer uma série histórica com objetivo de melhor orientar as épocas de plantio e aumentar os índices de acerto nos cultivos.

De acordo com Milanesi, Alves e Galvani (2017) os pluviômetros são equipamentos que medem a quantidade de chuva precipitada em determinado tempo e local. Destacam que estes equipamentos são compostos de um reservatório (de volume suficiente para coletar precipitações de diferentes alturas) e uma superfície/área coletora que é a “boca” do pluviômetro e, que possibilitam a totalização dos valores de precipitação.

No que se refere ao uso de pluviômetros alternativos, Souza et al. (2013) afirmam que utilização de pluviômetros de plástico (comerciais) ou construídos a partir de material reciclável são comumente utilizados por agricultores para medir a precipitação pluviométrica em um determinado local, devido ao custo de aquisição de um pluviômetro padrão.

Nem sempre dispomos de recursos ou equipamentos comerciais para realizar medidas em campo, mas para medição da precipitação pluvial isso pode ser contornado utilizando materiais de baixo custo ou reciclados.

Para montagem de um pluviômetro de baixo custo podemos utilizar canos de PVC (Policloreto de Vinila), que vai atender as nossas necessidades básicas de medição do volume de precipitação. O uso de tubos de PVC para medição da precipitação nos permite ter medições razoáveis pelo fato do material não ser flexível, no entanto é fundamental que as junções estejam muito bem vedadas (coladas) para evitar vazamentos e perda de informações.

Para isso vamos precisar dos seguintes materiais:

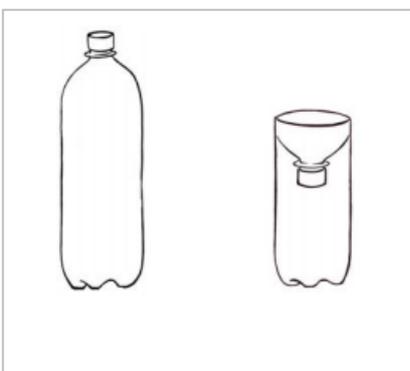
Descrição	Preço estimado (Outubro de 2020)
02 bisnagas de cola 17g para tubos PVC	R\$ 10,00;
Tubo de esgoto em PVC com 6m e 100 mm branco	R\$ 70,00;
01 bisnaga de silicone	R\$ 12,00
01 Redução Excêntrica – 200 mm x 150 mm	R\$ 40,00
01 Redução Excêntrica – 150 mm x 100 mm	R\$ 20,00
01 Redução Excêntrica – 100 mm x 50 mm	R\$ 15,00
01 Bucha de redução soldável em PVC 50 mm x 25 mm	R\$ 5,00
01 Registro de esfera soldável em PVC 25 mm	R\$15,00
01 serra + arco de serra	R\$ 35,00
01 proveta de vidro de 250 ml	R\$ 50,00
01 haste de madeira (suporte)	R\$ 20,00
04 presilhas para fixar o pluviômetro na haste	R\$ 10,00
Total estimado* em reais	R\$ 302,00

*Preços estimados

Existem outras possibilidades de montagem de pluviômetros com tubos PVC, onde se pode usar uma Redução Excêntrica de 200 mm x 150 mm; um pedaço de tubo 150 mm com aproximadamente 50 cm de comprimento; um cape de 150 mm na parte inferior e uma torneira instalada nesse cape. Para a vedação deve ser usada cola para tubos PVC. A diferença de nível interna entre a base do cape e a entrada de água da torneira precisa ser preenchida com silicone ou outro material que não absorva a água (não pode ficar água da chuva acumulada no fundo do equipamento quando a torneira for aberta).

Outra possibilidade para realizar medições com baixo custo é com o uso de garrafas PET (Poli Tereftalato de Etila), onde se deve cortar a parte superior da garrafa e fixar a mesma para dentro da garrafa.

Os dados gerados com o uso de garrafas PET não possuem a precisão adequada para os mesmos serem utilizados em estudos, onde os mesmos normalmente são utilizados para fins didáticos e para conhecimento da população. Em alguns locais as defesas civis utilizam esses equipamentos como forma de alerta para moradores deixarem suas casas, se o nível de água coletada atingir um nível predefinido.

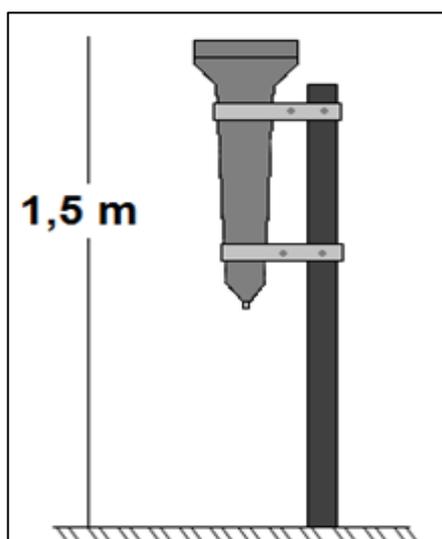


Fonte: Cosch (2021).



Fonte: Defesa Civil de Petrópolis-RJ (2021)

A área de captação do pluviômetro deve estar livre de obstáculos no entorno que possam interceptar a precipitação, devem estar a 1,5 m acima da superfície.



Fonte: <https://docs.ufpr.br> (2021)

Cálculo do Volume de Precipitação

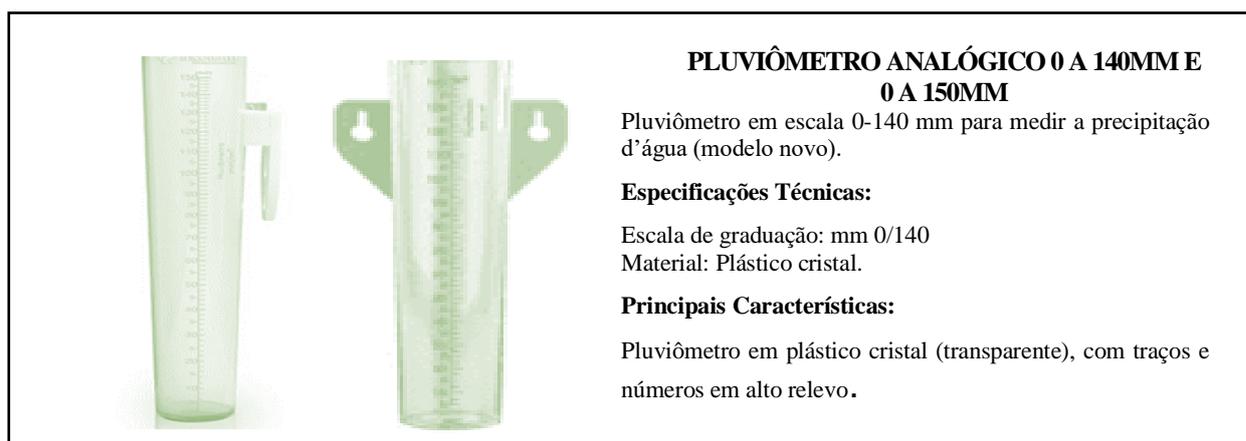
O volume de água captado pelo instrumento deve ser coletado e lido com o auxílio de uma proveta, que pode ser de dois tipos: a proveta pluviométrica, que já indica os resultados de forma direta em milímetros (a proveta deve ser específica do equipamento – normalmente acompanha o equipamento comprado), ou a proveta pode ser volumétrica que irá fornecer o volume coletado, normalmente, em mililitros. A proveta deve ser mantida na vertical quando está sendo lida, e o observador deve estar ciente dos erros de paralaxe, para evitar o mesmo (WMO, 2008). Após a medição da área de captação do equipamento e com base no volume coletado, utiliza-se a equação 01 para determinação da precipitação em milímetros (mm).

$$PRP (mm) = \frac{\text{Volume (litros)}}{\text{Área (m}^2\text{)}} \quad Eq. 01$$

Relações de volume:

$$1 \text{ m}^3 = 1.000 \text{ litros} \longrightarrow 1 \text{ litro} = 1.000 \text{ ml (mililitros)} \longrightarrow 1 \text{ ml} = 1 \text{ cm}^3.$$

Vale destacar que o mercado brasileiro oferece várias opções de pluviômetros de baixo custo, com preços variando entre R\$ 30,00 a R\$ 45,00, dependendo da marca, capacidade e método de aferição dos índices de precipitação coletados. A seguir, disponibilizamos dois modelos de pluviômetros que podem ser adquiridos na faixa de preço supracitado.



Fonte: Casa do termômetro (2021).

Espera-se que a utilização de pluviômetros e do aplicativo ZARC proporcione maiores produtividades pelos agricultores de Bujaru/Pará, pois através do aplicativo estes agricultores poderão reduzir os impactos causados pelas condições climáticas, assim como, redução de gastos com perdas de culturas agrícolas.

Manual do Aplicativo Zarc Pantio Certo



Plantio Certo



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO

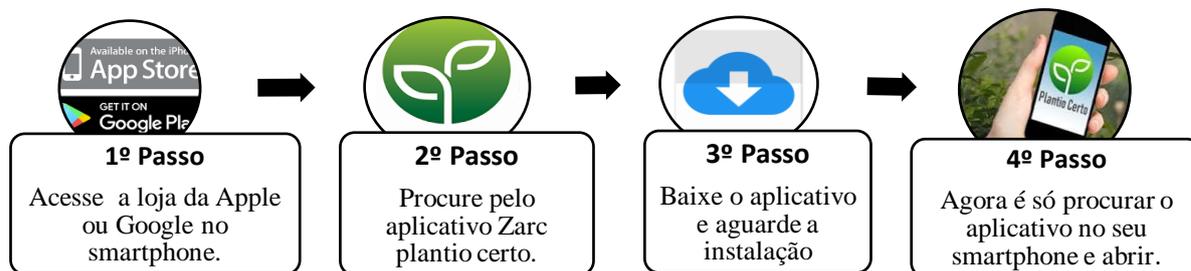


Versão 10.0.0

SUMÁRIO

1 BAIXAR O APLICATIVO	62
1.1 Tela Inicial do Aplicativo.....	62
1.2 Selecionar Unidade Federal (UF) e Município.....	62
1.3 Selecionar o Tipo de Cultura.....	63
2 OUTRAS FUNCIONALIDADES NA TELA DO MENU PRINCIPAL.....	64
2.1 Avaliação da Evolução da Cultura Via Índice de Vegetação (NDVI/EVI)	64
2.2 Previsão do Tempo.....	65
2.3 Imagens de Satelite	65
2.4 Mapas de Precipitação.....	66
2.5 Custo de Produção.....	66

1- Baixar o aplicativo



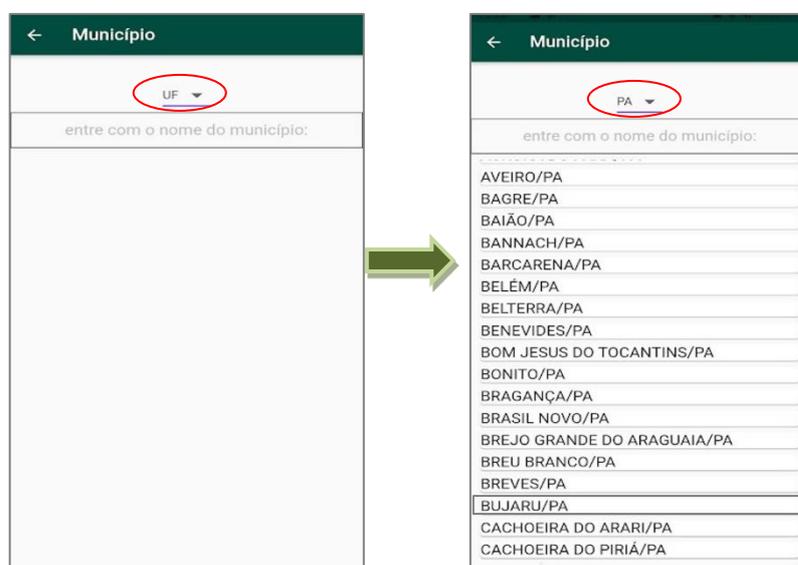
1.1 Tela Inicial do Aplicativo



Esta tela de acesso não solicita o cadastro de usuário. Basta aguardar alguns segundos que o aplicativo exibirá uma tela para preencher os campos referentes a município e cultura a ser pesquisados.

1.2 Selecionar Unidade Federal (UF) e Município

Após clicar no botão selecionar um município, abrirá uma tela para inserir a unidade federal (UF) e após selecionar a UF aparecerá uma tela com uma lista dos municípios da UF cadastrados no aplicativo. É só clicar no município desejado e seguir.



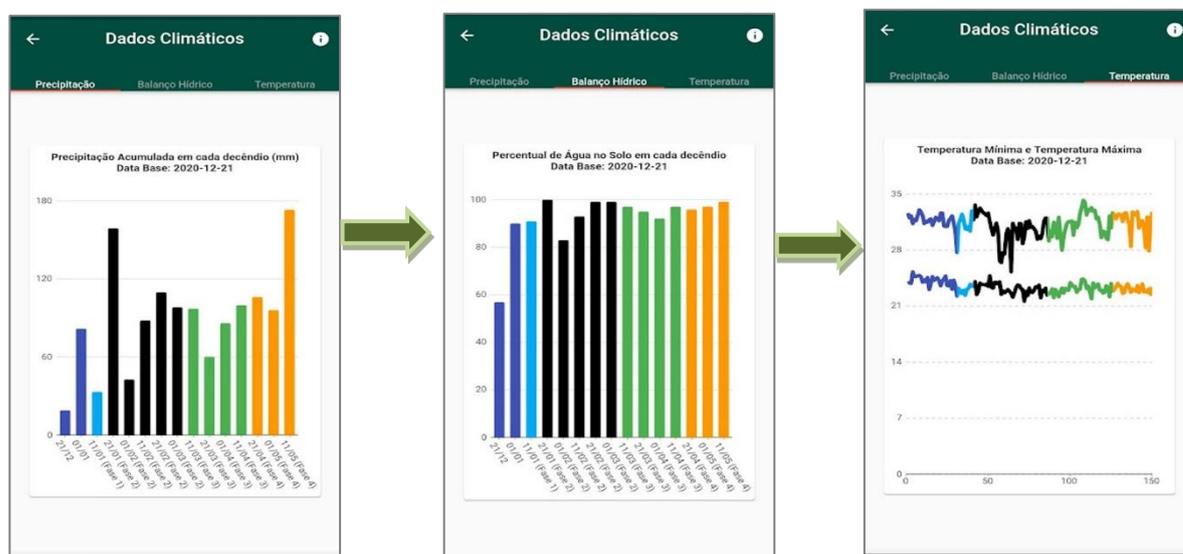
1.3 Selecionar o Tipo de Cultura

Após clicar no botão selecionar cultura, abrirá uma tela com uma lista de culturas cadastradas no aplicativo. Basta selecionar a cultura desejada e aguardar o aplicativo exibir as informações da cultura selecionada.

Para acessar as informações referente aos dados climáticos do município para determinada cultura basta clicar em um dos botões de indicativos de riscos (● ● ●).



No menu de dados climáticos serão apresentados dados referentes a precipitação, ao balanço hídrico e a temperatura.



Ainda no menu de dados climáticos, ao clicar no ícone de informação ⓘ localizado no canto superior direito da tela, serão apresentadas informações sobre a metodologia de monitoramento dos dados e produção dos gráficos exibidos no aplicativo.



2 Outras Funcionalidades na Tela do Menu Principal



Na tela inicial no canto superior esquerdo encontra-se o ícone menu (☰) que ao ser selecionado exibirá cinco abas de informações relacionadas a avaliação da evolução da cultura via índice de vegetação (NDVI/EVI); Previsão do tempo; Imagens de satélite; Mapas de Precipitação e Custo de Produção.

2.1 Avaliação da Evolução da Cultura Via Índice de Vegetação

Em monitoramento cultura clique no botão mais (+) em seguida será exibida a tela para inserção de dados referentes ao município, local e período e clicar em gravar. Posteriormente será exibida as informações que foram salvas, agora é só clicar no ícone de localização (📍).



Ao clicar no ícone de localização  o aplicativo mostra três gráficos de monitoramento da cultura selecionada.



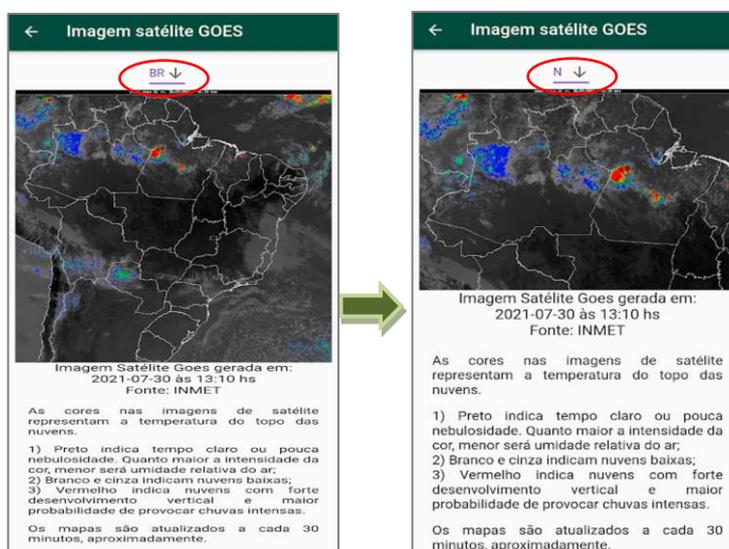
2.2 Previsão do Tempo

Na aba previsão do tempo clicar no ícone de localização  o aplicativo exibirá uma tela para inserção da unidade federativa (UF) e município a ser pesquisado. Em seguida o aplicativo exibirá os dados climatológicos do município selecionado.



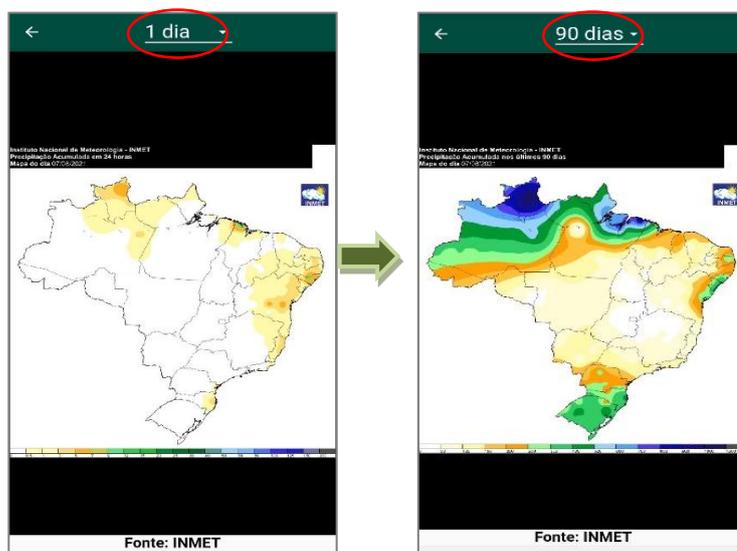
2.3 Imagens de Satélite

Na opção imagens de satélite o usuário tem a opção de escolher ver o mapa de temperatura geral do Brasil, ou escolher uma região específica. Para isso basta clicar no botão localizado na parte central do topo da tela.



2.4 Mapas de Precipitação

Na aba mapas de precipitação o usuário precisa clicar no botão localizado na parte central do topo da tela e escolher o período (1 a 90 dias) que deseja ver representado graficamente.



2.5 Custo de Produção

Em custo de produção o usuário terá que escolher o tipo de cultura que deseja saber informação. Para isso basta clicar no botão localizado na parte central do topo da tela. Em seguida o aplicativo mostrará os principais centros de produção dados de produção levando em consideração a área plantada e quantidade produzida. Para acessar os gráficos de produção por hectare e/ou toneladas basta clicar em um dos centros de produção mostrados na tela do aplicativo.

