



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE JURUTI  
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA**

**ALEX SILVA ALVES  
JESSÉ VITAL DA SILVA**

**USO DOS RECURSOS HÍDRICOS NA REGIÃO DO BAIXO AMAZONAS  
(OESTE PARAENSE)**

**JURUTI-PA  
2023**

**ALEX SILVA ALVES  
JESSÉ VITAL DA SILVA**

**USO DOS RECURSOS HÍDRICOS NA REGIÃO DO BAIXO AMAZONAS  
(OESTE PARAENSE)**

Trabalho de conclusão de Curso apresentado como requisito para obtenção do grau de bacharel em Agronomia, no Campus Universitário de Juruti da Universidade Federal do Oeste do Pará.

Orientador: Dr. Marcos Antonio Correa Matos do Amaral.

**JURUTI-PA  
2023**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**  
**Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/UFOPA**

---

A474u    Alves, Alex Silva; Silva, Jessé Vital da  
          Uso dos recursos hídricos na região do Baixo Amazonas (oeste paraense) / Alex  
          Silva Alves, Jessé Vital da Silva – Juruti, 2023.  
          57 p. : il.  
          Inclui bibliografias.

Orientador: Marcos Antônio Correa Matos do Amaral  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Oeste do  
Pará, Campus Universitário de Juruti, Bacharelado em Agronomia.

1. irrigação 2. censo agropecuário. 3. Estado do Pará. I. Amaral, Marcos Antônio Correa  
Matos do, *orient.* II. Título.

CDD: 23 ed. 631.587

---

Bibliotecária - Documentalista: Maria de Nazaré Eleutério de Brito – CRB/2 1244

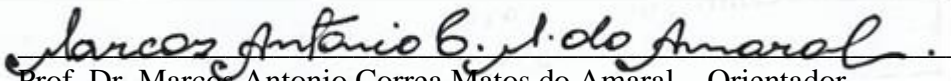
**ALEX SILVA ALVES  
JESSÉ VITAL DA SILVA**

**USO DOS RECURSOS HÍDRICOS NA REGIÃO DO BAIXO AMAZONAS  
(OESTE PARAENSE)**

Trabalho de conclusão de Curso apresentado como requisito para obtenção do grau de bacharel em Agronomia, no campus universitário de Juruti da Universidade Federal do Oeste do Pará.

Conceito: **APROVADO**

Data de Aprovação: 20 de janeiro de 2023.



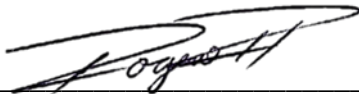
Prof. Dr. Marcos Antonio Correa Matos do Amaral – Orientador  
Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA.

Documento assinado digitalmente

**gov.br** JEFFERSON VIEIRA JOSE  
Data: 03/02/2023 11:26:06-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

Prof. Dr. Jefferson Vieira José  
Universidade Federal do Acre – UFAC



---

Prof. Dr. Rogério Rangel Rodrigues  
Instituto Federal do Pará – IFPA

Dedicamos este trabalho aos nossos  
Familiars, amigos e a nós mesmos

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar a Deus, por sempre nos recompor nos momentos de adversidade, aos familiares pela compreensão e incentivo nos momentos de tomada de decisões, aconselhamentos, sugestões, apoio, companheirismo e orações, apoio fundamental na construção desse processo ímpar em nossa formação, aos nossos mestres que fomentaram-nos a busca de conhecimento, nos guiando nos caminhos da ciência, e em especial nosso orientador: Dr. MARCOS ANTONIO CORREA MATOS DO AMARAL , que acreditou em nosso potencial até nos momentos que nem nós mesmo acreditávamos, aos colegas da Universidade, que sempre compartilharam momentos importantes na troca de experiências, amizade, horas de estudos em grupo ao longo de todos esses anos.

## RESUMO

Com o propósito de fornecer dados importantes para o planejamento e a utilização eficiente dos recursos hídricos, o presente trabalho teve como finalidade fazer um levantamento estatístico da atividade econômica, do uso dos recursos hídricos e da irrigação na Região de Integração do Baixo Amazonas no Estado do Pará, a partir dos dados do Censo Agropecuário IBGE 2017. Observou-se que em relação ao Estado do Pará o Baixo Amazonas possui como dominância das atividades econômicas a produção de lavouras temporárias e a pecuária. O Estado do Pará possui uma área irrigada de 92.474 hectares, o que representa um crescimento de 315,25 % em relação a 2006. Cerca de 44% da área irrigada paraense utiliza o sistema de irrigação localizada (microaspersão) e 27 % das áreas utilizam sistemas de irrigação (outros métodos ou molhação), enquanto no Baixo Amazonas há predominância da irrigação por superfície (inundação). A captação dos recursos hídricos por fontes superficiais (nascentes, rios e riachos) protegidos por matas, seguido de poços e/ou cisternas convencionais é comum tanto no Estado do Pará como no Baixo Amazonas. A dinâmica de uso e ocupação da Região de Integração do Baixo Amazonas favorece concentração de áreas irrigadas e número de estabelecimentos com irrigação em municípios como Santarém. O crescimento da agricultura irrigada exige que políticas de regulamentação do uso dos recursos hídricos sejam ampliadas tanto no Estado do Pará como no Baixo Amazonas, bem como, que o manejo da irrigação seja adotado pelos produtores.

**Palavras-chave:** Irrigação; Censo Agropecuário; Estado do Pará.

## **ABSTRACT**

In order to provide important data for the planning and efficient use of water resources, the present work aimed to carry out a statistical survey of economic activity, the use of water resources and irrigation in the Lower Amazon Integration Region in the State of Pará, based on data from the 2017 IBGE Agricultural Census. It was observed that in relation to the State of Pará, the Lower Amazon has the predominance of economic activities in the production of temporary crops and livestock. The State of Pará has an irrigated area of 92,474 hectares, which represents a growth of 315.25% in relation to 2006. About 44% of the irrigated area in Pará uses the localized irrigation system (microsprinkler) and 27% of the areas use irrigation systems (other methods or watering), while in the Lower Amazon there is a predominance of surface irrigation (inundation). The capture of water resources by surface sources (springs, rivers and streams) protected by forests, followed by wells and/or conventional cisterns is common both in the State of Pará and in the Lower Amazon. The dynamics of use and occupation of the Lower Amazon Integration Region favors the concentration of irrigated areas and the number of establishments with irrigation in municipalities such as Santarém. The growth of irrigated agriculture requires that policies to regulate the use of water resources be expanded both in the State of Pará and in the Lower Amazon, as well as that irrigation management be adopted by producers.

**Keywords:** Irrigation; Agricultural Census; State of Pará.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1-</b> Localização das Regiões de Integração do Estado do Pará .....	35
<b>Figura 2 -</b> Percentual das atividades econômicas do estado do Pará e Baixo Amazonas .....	37
<b>Figura 3-</b> Gráficos de percentual das atividades econômicas das cidades: Alenquer; Almeirim; Belterra; Curuá; Faro e Juruti. ....	38
<b>Figura 4-</b> Gráficos de percentual das atividades econômicas das cidades: Mojuí dos Campos; Monte Alegre; Óbidos ; Oriximiná; Prainha; Santarém e Terra Santa. ....	40
<b>Figura 5-</b> Gráfico de percentual das atividades econômicas da cidade de Terra Santa. ....	41
<b>Figura 6 -</b> Gráficos dos percentuais de tipos de captação de água no estado do Pará e na região do Baixo Amazonas. ....	42
<b>Figura 7-</b> Gráficos dos percentuais de tipos de captação de água nas cidades: Alenquer; Almeirim; Belterra; Curuá; Faro e Juruti. ....	43
<b>Figura 8 -</b> Gráficos dos percentuais de tipos de captação de água nas cidades: Mojuí dos Campos; Monte Alegre; Óbidos ; Oriximiná; Prainha; Santarém e Terra Santa. ....	44
<b>Figura 9 -</b> Gráfico dos percentuais de tipos de captação de água na cidade de Terra Santa. ....	45
<b>Figura 10 -</b> Gráficos das áreas irrigadas (em ha), e seus respectivos métodos de irrigação no estado do Pará e na região do Baixo Amazonas. ....	46
<b>Figura 11 -</b> Gráficos das áreas irrigadas (em ha) e seus respectivos métodos de irrigação nas cidades de: Alenquer; Almeirim; Belterra; Curuá; Juruti e Mojuí dos Campos. ....	47
<b>Figura 12 -</b> Gráficos das áreas irrigadas em ha, e seus respectivos métodos de irrigação nas cidades de: Monte Alegre; Óbidos; Oriximiná; Prainha; Santarém e Terra Santa. ....	48
<b>Figura 13 -</b> Gráficos dos percentuais de estabelecimentos, e seus respectivos métodos de irrigação no estado do Pará e na Região do Baixo Amazonas. ....	49
<b>Figura 14 -</b> Gráficos dos percentuais de estabelecimentos, e seus respectivos métodos de irrigação nas cidades de: Alenquer; Almeirim; Mojuí; Belterra; Curuá e Juruti. ....	50
<b>Figura 15 -</b> Gráficos dos percentuais de estabelecimentos, e seus respectivos métodos de irrigação nas cidades de: Monte Alegre; Óbidos; Oriximiná; Prainha; Santarém; Terra Santa. ....	51

## **LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1-</b> Descrição das Regiões de Integração do Estado do Pará	31
<b>Tabela 2-</b> Critérios de classificação do IBGE	32

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
<b>1.1</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>14</b>
1.1.1	Objetivo Geral	14
1.1.2	Objetivos Específicos	14
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>15</b>
<b>2.1</b>	<b>Os Recursos Hídricos</b>	<b>15</b>
<b>2.2</b>	<b>Legislação</b>	<b>16</b>
<b>2.3</b>	<b>Tipos de captação e armazenamento</b>	<b>17</b>
<b>2.3.1</b>	<b>Águas Superficiais</b>	<b>17</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Águas Subterrâneas</b>	<b>18</b>
<b>2.3.3</b>	<b>Cisternas</b>	<b>20</b>
<b>2.4</b>	<b>Irrigação</b>	<b>20</b>
2.4.1	Irrigação no mundo	21
2.4.2	Irrigação no Brasil	21
2.4.3	Irrigação no Pará	23
<b>2.5</b>	<b>Métodos de Irrigação</b>	<b>24</b>
2.5.1	Métodos de irrigação por aspersão	24
2.5.2	Métodos de irrigação localizada	26
2.5.3	Métodos de irrigação por superfície	26
2.5.4	Irrigação por subirrigação	27
<b>2.6</b>	<b>Manejo da Irrigação</b>	<b>27</b>
2.6.1	Manejo da irrigação via solo	29
2.6.2	Manejo da irrigação via clima	31
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>34</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>36</b>
<b>4.1</b>	<b>Quanto a Atividade Econômica</b>	<b>36</b>
<b>4.2</b>	<b>Quanto aos tipos de captação</b>	<b>42</b>
<b>4.4</b>	<b>Quanto a área irrigada</b>	<b>46</b>
<b>4.5</b>	<b>Quanto ao número de propriedades irrigadas</b>	<b>49</b>
	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>53</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>54</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Existem duas formas possíveis de utilização das águas para o consumo humano e dessedentação animal utilizadas como fonte de abastecimento, as provenientes de rios, lagos, canais, barragens e as que se encontram no subsolo, chamadas de subterrâneas, também conhecidas como lençóis freáticos. Essa dinâmica das águas, pode ser descrita ora como sendo captadas superficialmente, ora como captação de fontes subterrâneas, neste último caso, fazendo-se necessário a perfuração de poços para torná-la disponível. O uso de água para irrigação de lavouras cultivadas, é de grande importância, pois contribui de forma significativa para a manutenção da base alimentar da sociedade.

Em 2021 existiam cerca de 811 milhões de pessoas no planeta em situação de insegurança alimentar (FAO, 2021). Segundo o IBGE (2018) estima-se que a população brasileira chegará a 233,2 milhões de pessoas no ano de 2047. Com o acentuado crescimento demográfico aumenta a demanda por água e alimentos. Segundo Lima, Ferreira e Christofidis (1999), para que a meta da ONU de acabar com a fome até o ano de 2030 seja alcançada, é necessário um esforço conjunto.

Lima *et al* (1999), eles sugerem que com o manejo adequado do solo e o uso correto da irrigação ajudam a solucionar este problema, podem também ajudar a promover a agricultura irrigada, tanto para suprir as necessidades hídricas das plantas em áreas úmidas quanto para promover a produção nas regiões áridas e semiáridas que ocorre em boa parte do território brasileiro. Portanto, é evidente a importância da agricultura irrigada no Brasil assim como no cenário mundial de produção de alimentos. Infelizmente, o desenvolvimento e utilização de certos tipos de tecnologia no Brasil ainda é limitado em algumas regiões.

A gestão dos recursos hídricos no Brasil já é uma ação respaldada em mecanismos legais, sendo o mais importante a Lei 9.433. Compreender os atores sociais envolvidos no usufruto desses recursos, bem como suas principais formas de captação auxiliam no desenvolvimento de políticas de preservação e uso adequado.

A água na irrigação destaca-se como principal insumo quando se fala de produção agrícola, irrigação e desenvolvimento, os resultados estariam bem além do esperado, haja vista as necessidades hídricas exigidas pelas culturas dentro de seu ciclo produtivo não forem atendidos a contento, o conjunto de ferramentas tecnológicas utilizadas não seriam suficientes para possibilitar uma maior produtividade (ONU 2015).

Segundo a FAO (2011), estimou-se um aumento de 11% na demanda de água para

a agricultura irrigada entre 2008 e 2050. No entanto, esta estimativa pode ser considerada obsoleta tendo em vista que nos últimos 10 anos o volume total anual de água derivado de fontes de água potável para a irrigação aumentou 20%, de cerca de 2,6 bilhões de m<sup>3</sup>, observados em 2000, para 3,1 bilhões de m<sup>3</sup> em 2010 (CRISTOFIDIS, 2013).

Em todo o mundo, os sistemas agrícolas exigem cada vez mais técnicas ou práticas para se obter aumentos qualitativos e quantitativos nos rendimentos com base na área utilizada. Nesse sentido, a tecnologia de irrigação se faz necessária, pois pode fornecer incrementos na produção agrícola, além de outros benefícios como os sociais, a geração de oportunidades de empregos diretos e indiretos, além de possibilitar o cultivo de duas ou até três culturas de plantas por ano na mesma área (PAZ *et. al.*, 2017).

De acordo com a Agência Nacional de Águas (2017), de toda área irrigada no Brasil, a região Norte corresponde a 20% desse total, só devendo ser empregado o sistema de irrigação quando a precipitação não for suficiente para proporcionar a manutenção da umidade do solo e reposição da água evapotranspirada, já que no Estado do Pará as chuvas são abundantes de janeiro a junho o que não acontece com maior frequência entre os meses de julho a dezembro, quando a irrigação se faz necessário pela limitação das chuvas e dias mais quentes, interferindo de forma direta no desenvolvimento das cultivares.

Vale ressaltar que a região Norte do país, em destaque o Estado do Pará, está na parte mais úmida do país localizada na maior Floresta Tropical do mundo, a Amazônia. O potencial de irrigação no Pará, está muito aquém do que se espera, boa parte dos seus municípios poderiam estar contribuindo de forma expressiva com a produção agrícola por meio de um dos métodos tecnológicos existentes, fortalecendo ainda mais a economia do seu município e conseqüentemente do estado do Pará.

No estado do Pará, a agricultura responde por cerca de 40% da economia da região, segundo a Agência Estadual de Defesa Agropecuária do Pará (2017).

Esse crescimento diferenciado da irrigação no Pará, só será possível a partir de planejamento, gestão, dados estatísticos, e os diagnósticos necessários às práticas de responsabilidades tanto por parte dos produtores como do poder público para a implementação das políticas públicas de investimentos e utilização dos recursos hídricos com eficiência.

Para o crescimento da irrigação seja positivo no Pará, deve-se trabalhar de forma ordenada com planejamento objetivando a sustentabilidade, geração de renda através de maior produção e o mínimo impacto nos recursos hídricos, sendo um atrativo para investimentos de

interesse por parte de políticas públicas destinada ao setor, visando sempre o fornecimento de dados.

Entretanto, no contexto atual, a irrigação paraense precisa fornecer informações atualizadas do cenário da irrigação e a forma de tecnologia utilizada nas diversas culturas, seus pontos fortes os pontos fracos e suas possíveis resoluções, quer na irrigação, sistema energético ou programas de financiamento subsidiados para dessa forma as tomadas de decisões sejam mais seguras tanto para os atuais como os futuros agricultores, indústria de insumos, de maquinários e tecnologia de irrigação, como também de investidores privados fortalecendo ainda mais a cadeia produtiva da região oeste paraense.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

- Avaliar os dados do Censo agropecuário do IBGE de 2017, com o intuito de compreender a conjuntura da agricultura irrigada na Região do Baixo Amazonas, no estado do Pará.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Quantificar as áreas irrigadas por cada método de irrigação segundo o censo 2017;
- Quantificar as principais atividades econômicas que fazem o usufruto dos recursos hídricos;
- Quantificar o número de estabelecimentos e quantidade de área onde são usados esses recursos;
- Gerar dados para dar subsídio ao governo local e regional para formulação de políticas públicas no setor agrícola.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Os Recursos Hídricos

Segundo ( AMORIM et al., 2007) a água doce disponível no planeta encontra-se na forma de geleiras e calotas polares, e grande parte do que está disponível no estado líquido está com elevados níveis de toxicidade oriunda de poluição, tornando-se inviável para consumo, e também para uso na agricultura irrigada e produção de alimentos, por esse motivo o manejo e cuidados com a água são fundamentais já que a demanda do inevitável avanço da densidade demográfica é real a cada década.

Sendo responsável pela constituição da maior parte dos tecidos vivos, geralmente, de mais de 90% da massa total do protoplasma, proporciona a ocorrência de reações de hidrólise, oxidação, hidratação, digestão do amido e bioconversão proteica, é a fonte de prótons e íons nas reações de fotossíntese e luz, respectivamente, também atua como solvente universal e natural de substâncias como sais, açúcares, íons, entre outros, importante para o transporte de nutrientes via xilema e floema, regula temperatura, é responsável pelo turgor celular, influenciando o crescimento vegetal, proporciona sustentação de plantas aquáticas, responsável pela flutuabilidade de caules e flores, favorece a locomoção dos gametas para a fecundação, proporcionar facilidade em molhar substâncias sólidas naturais em razão da sua elevada tensão superficial (AMORIM et al., 2007).

Considera-se a água um recurso importantíssimo às diversas atividades, os principais usos da água no Brasil são para abastecimento, indústria, energia, mineração, aquicultura, navegação, turismo, lazer e irrigação, De acordo com a ANA (2001), a água é o insumo mais importante para a vida, não existe possibilidade de substituí-lo por outro bem, por mais precioso que seja, todo equilíbrio dos ecossistemas depende fundamentalmente dela, a água. O crescimento da população do planeta tem se tornado expressivo a cada década, tal crescimento vem demandando uma maior utilização de água, porém, apesar de parecer um ciclo infinito, em alguns lugares já se tem escassez hídrica, tornando-se um problema pontual.

Um dos aspectos fundamentais que não pode ser esquecido é a qualidade da água, para que o sistema de irrigação proporcione o resultado esperado pelo produtor e não se depare com resultados indesejáveis principalmente no cultivo de cultura comercial, será preciso eliminar qualquer material contaminante da água, a fim de não interferir no desenvolvimento das culturas (MANTOVANI et al., 2013).

Vale ressaltar que a dinâmica de captação da água e suas fontes de retiradas para o

abastecimento e seus diversos segmentos de consumo, dos quais as águas superficiais retiradas de rios, lagos, canais e outros meios como os de lençóis subterrâneos, tem suprido as exigências de sua demanda. Dentro desse contexto, as águas superficiais são as mais utilizadas pela facilidade de captação e os custos são mais baixos, porém, mais suscetível à contaminação, induzindo a busca de alternativas mais as águas subterrâneas (GUIMARÃES, 2007).

O conceito que se tinha de desperdício de água pela sua abundância como bem inesgotável, não se confirma como verdade nos dias de hoje. A água se tornou o bem mais valorizado recurso para a humanidade. O crescimento demográfico brasileiro, a urbanização desordenada, a exigência de produção agrícola em maior escala, e a expansão das indústrias, tem sido alguns dos motivos de contaminação de rios, nascentes e lençóis freáticos, contribuindo com a poluição da água inviabilizando-a para consumo dentre outras atividades. (ANA, 2001).

## **2.2 Legislação**

A lei brasileira sobre o direito de permissão quanto ao uso da água era de 1934, chamado de Código de Águas. Por não mais atender a crescente demanda, mazelas e conflitos por seu ordenamento ultrapassado para a época, foi que se propôs a criação de uma nova legislação que atendesse os requisitos, que fosse melhor elaborada e garantisse o ordenamento futuro. A partir de então, foi pensado, discutido e elaborada a Lei nº 9.433 de janeiro de 1997, que passou a ser sabatinada no final dos anos 80 estendendo-se ao longo dos anos 90, e por fim promulgada no dia 8 de janeiro de 1997 pelo Congresso Nacional.

A partir de então, a Agência Nacional de Águas, passa a estabelecer a Política Nacional de Recursos Hídricos e coordenar o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, passando a implementação e aplicação da Lei nº 9.433, de 1997, regulando o uso nas esferas federal, estadual e municipal. Gerenciamento de Recursos Hídricos, (2001).

O Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), criado pela lei n. 9.433/97, é um dos mecanismos que orientam o gerenciamento das águas no Brasil. O conjunto de políticas, metas e programas que compõem o PNRH foi criado por meio de um extenso processo de mobilização e participação social.

Um dos mecanismos jurídicos previstos pelo PNRH são os Comitês de Gestão de Bacias Hidrográficas.

Um exemplo consolidado é o Plano de Gestão da Bacia Hidrográfica dos Rios

Piracicaba, Capivari e Jundiaí (PCJ), que englobam os estados de São Paulo e Minas Gerais, criado com o objetivo de diagnosticar as situações dos recursos hídricos de bacias hidrográficas, propondo metas e ações que possam ser capazes de proporcionar orientações tanto a sociedade, como também a gestores públicos quanto a demanda e oferta de água, sua qualidade e quantidade. Esses recursos oriundos de bacias hidrográficas visam prover ações de proteção, conservação e recuperação deste recurso, através da atuação dos comitês.

No caso do Estado do Pará, o Comitê de Gestão de Bacia Hidrográfica do Rio Marapanim é um dos primeiros instalados na região do nordeste do Estado. Os municípios que integram a bacia hidrográfica do Rio Capim também já iniciaram os trabalhos de criação de mais um novo comitê.

A gestão de recursos hídricos no Pará é complexa pois congrega a discussão de diversas atividades como agricultura, mineração e consumo urbano, necessitando um mapeamento adequado e uma discussão multidisciplinar nos aspectos dos impactos econômicos e socioambientais.

## **2.3 Tipos de captação e armazenamento**

### **2.3.1 Águas Superficiais**

A captação de águas superficiais retiradas dos rios, lagos, córregos e reservatórios, é o sistema mais utilizado devido sua facilidade, por ser um sistema que requer a instalação do recalque, muitas vezes pela cota inferior ao local que se está utilizando. Deve-se sempre levar em consideração o local da captação e sua qualidade, a vazão hidrológica, o trecho do rio o mais reto possível a fim de mitigar a presença de depósitos indesejáveis e a velocidade da corrente d'água. (CPRM, 1998).

As principais estruturas de uma captação de água superficiais em rios e córregos, dependendo do local, a serem levados em consideração é a estrutura de elevação do nível da água e sua regularização de vazão, a capacidade da tubulação e os canais que interligam pelos condutos de derivação, controle de entrada de água, a forma de impedir a entrada de corpos estranhos em suspensão, o poço de sucção e a casa de bombas. (CPRM, 1998).

Diz Barbanti et al. (2002, p. 7), “uma nascente é uma descarga concentrada de água subterrânea que aflora à superfície do terreno como uma corrente ou um fluxo de água”. Nascente tem tudo a ver com seu estabelecimento nas estruturas rochosas, sua vazão, fratura, temperatura e sua variabilidade decorrente das forças gravitacionais e profundidade na crosta terrestre, de onde afloram as águas subterrâneas de um aquífero.

Pode-se dizer das nascentes como minações, olhos d'água, fontes, fios d'águas e pontos de descargas dos aquíferos, são os cursos d'águas que se iniciam ao longo do ano e se tornam permanentes ou podem secar nos período de estiagem.(CALHEIROS, 2009).

No caso em questão, o provimento da água e sua captação pelas populações rurais difusas, é utilizados de variadas formas e meios possíveis, e na maioria das vezes de forma inadequada como os recipientes de plásticos, metais e outros utensílios, possibilitando muitas vezes a contaminação da fonte, poucos faziam uso da tecnologia de captação como bomba centrífuga, e sistema de canalização de qualidade e armazenamento adequado. (VIANA, 2002, apud SILVA, T. et al. , 2010, p.8).

### 2.3.2 Águas Subterrâneas

De acordo com a Coordenação de Águas Subterrâneas, os aquíferos têm classificação específicas quanto a sua pressão que pode ser aquífero livre, também chamado de freáticos ou não confinados, onde a pressão atmosférica incide diretamente na água subterrânea e seu nível freático. Já o aquífero confinado ou dito artesianos, estão sob pressão da água no seu ápice, os chamados poços artesianos jorrante, sendo maior que a pressão atmosférica. Os semi-confinados correspondem ao intermediário aos anteriores com a camada confinante sempre semipermeável. Os suspensos, mantêm acúmulo de água nas camadas descontínuas na parte com menor permeabilidade, constituindo nível aquífero sem impedimento em sua extensão, porém limitada no nível principal (Hidrologia Geral/COSUB).

As águas profundas denominadas aquíferos, abastecidas por infiltração advindas das águas da chuvas, acumulam-se nos lençóis freáticos e são consideradas as mais limpas e adequadas ao consumo, desde que livre de materiais contaminantes. Poços jorrantes artesianos, não demandam equipamento, eles quando perfurados exercem uma pressão de tal forma que são capazes de fazerem fluir a água poço afora naturalmente e até a longas distâncias. Segundo Paludo (2010), a água proveniente de aquíferos subterrâneos, são as de maior importância para o consumo e abastecimento pelo grau de pureza existente. (FERIANI, 2021),

O poço tubular profundo denominado também de poço artesiano ou semi artesiano, variando pela pressão, seu objetivo de construção é a exploração de água subterrânea, aberto com máquina perfuratriz com diâmetro de até 60 cm, variando também sua profundidade. A construção de poço tubular segue as seguintes sequências de modelo, como perfuração, aplicação do revestimento, encascalhamento, desenvolvimento, cimentação e teste de produção (Companhia de Pesquisa de Recursos Naturais, 1998).

Os tipos de poços e aquíferos, se distinguem em artesianos que pode ser jorrante e não necessitar de bombeamento, já o semi artesiano por não ter pressão suficiente, precisa de mecanismo de bombeamento. Nos aquíferos fissurados, a água se encontra nas fraturas e fendas das rochas, e suas profundidades estão entre 60 a 80 metros e geralmente quando perfurados ficam em torno de 4 a 6 polegadas, sua perfuração é pelo sistema de percussão e ar comprimido e dispensam revestimentos e filtros pelo fato de terem baixa vazão em média 2 a 5m<sup>3</sup>/h.(CPRM, 1998).

Os poços de aquífero poroso, suas águas ficam armazenadas entre os grânulos em sedimentos e as rochas, esses tipos, têm como principais características sua profundidade variando entre 1000 metros com diâmetros de polegadas entre 4 a 22, sua perfuração é à percussão e ar comprimido e exigem revestimentos, filtros e pré-filtros e de custos elevados pelo material de complementação, sua vazão de pequenas a grande, de até 1000m<sup>3</sup>/h.(CPRM, 1998).

Aquíferos mistos como os fissurados e porosos, na superior perfurada a rocha é sedimentar e na inferior a rocha é cristalina, eles requerem cuidados especiais como revestimentos, filtros entre rochas permeáveis e porosas, porém, sem revestimento na parte inferior da rocha cristalina onde se localiza o aquífero fissural (CPRM, 1998).

Água subterrânea se diferencia por sua reserva potencial de pureza se comparada com águas superficiais, por esse fator o manual que delimita a construção de poços profundo tubulares se tornou relevante para o abastecimento, devido alguns problemas de escassez em muitos lugares, principalmente na região nordeste, também por motivo de contaminação das águas superficiais, elevando assim como uma das alternativas mais viáveis de captação.. (FUNASA)

A unidade de bombeamento diz respeito ao equipamento que se quer utilizar na condução da água do poço para seu destino, por intermédio da tubulação por uma bomba submersa de uma vazão média a grande com profundidade variada, instalada dentro do poço e movida por eletricidade. ( CPRM, 1998).

A bomba centrífuga bombeia vazão de água de pequeno porte e com baixa profundidade e sua instalação é feita fora do poço por tubo edutor que sai do poço para a bomba e é movida a eletricidade. A bomba manual é usada de forma manual para o bombeamento de baixíssimas vazões e é acoplada ao poço e suga a água por sistema de sucção. O cata-vento é movimentado para seu trabalho de captação de água através da energia eólica conduzindo a água através de tubo edutor. Já a captação através de ar comprimido, o mesmo é injetado na

tubulação pressionando a água subir através do tubo edutor, esse princípio, se utiliza de energia elétrica para seu desempenho. (CPRM, 1998).

### 2.3.3 Cisternas

As cisternas estão sendo uma alternativa principalmente na região Nordeste do Brasil para minimizar a escassez de água, devido a poluição dos mananciais e a sazonalidade da região, que não têm abundância de precipitação e alguns municípios, comunidades, precisam ser abastecidos por carros pipas para o provimento de água em diversos segmentos da sociedade riograndense, que aprendeu aproveitar a água da chuva e otimizar seu uso. (GONÇALVES, 2006).

SOUZA (2017), elaborou um estudo sobre o dimensionamento de cisterna, capacidade de armazenamento, quantidade de moradores, a demanda de uso para as diversas aplicações, sem que corram o risco de falta pelo mau uso e desperdícios, levando em consideração a área de captação e a qualidade no armazenamento para não comprometer a saúde dos moradores.

Entretanto, segundo Girão e Corrêa (2015) e Carvalho et al., (2017), efeitos indiretos como a antropia exemplificando a urbanização como ação direta, tem impactado diretamente nos processos fluviais pois, com aumento das descargas, o assoreamento também aumenta, a sedimentação, o lixo urbano, contribui e muito para eventos como enchentes e perda da qualidade da água dos rios, inviabilizando-as para suas diversas finalidades.

## 2.4 Irrigação

Segundo Lima, Ferreira e Christofidis (1999), denomina-se irrigação “o conjunto de técnicas destinadas a deslocar a água no tempo ou no espaço para modificar as possibilidades agrícolas de cada região”. A irrigação, visa contribuir com a produção agrícola no período de menor ocorrência pluviométrica, suprimindo a necessidade hídrica das culturas e possibilitando a produção fora de época, aumentando a produtividade anual.

Diferente do que muitos pensam, irrigação não é só o simples ato de molhar as plantas, com o avanço das pesquisas e das tecnologias, hoje sabemos que se disponibilizar água no momento ideal e na quantidade certa, teremos um melhor desempenho da cultura (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI 2008 e PALARETTI, 2009).

São indiscutíveis os benefícios que a irrigação tem no aumento da produção de alimentos mundialmente, possibilitou que muitas culturas pudessem ser cultivadas fora de

época, como o melão, cana de açúcar, café, ervilha, soja, sorgo, milho e muitas outras (VICENTE, *et al.*, 2021).

O uso dos métodos de irrigação apresenta muitas vantagens, como o aumento da produtividade; aumento exponencial de empregos, qualidade de vida dos produtores, diminuição do êxodo rural além de auxiliar o desenvolvimento da região, estado e país, porém, podemos observar algumas desvantagens também, como a necessidade de um grande volume de água, má distribuição, possibilita problemas ambientais e a limitação do recurso em determinadas regiões (BERNARDO; MANTOVANI; PALARETTI, 2013).

#### 2.4.1 Irrigação no mundo

O desenvolvimento das técnicas de irrigação é antigo, o domínio desta técnica levou ao crescimento de grandes civilizações no Egito e na Mesopotâmia, que a milhares de anos atrás realizava agricultura às margens dos rios e com pequenas transposições. A China, da mesma forma, desenvolveu suas técnicas de produção de arroz em tabuleiros irrigados, presentes até hoje.

Os romanos avançaram nas técnicas de transposição e água de longas distâncias pelos seus sistemas de aquedutos que cortavam todo seu território. Esta técnica, também já era dominada pelos maias a cerca de 2000 a.C.

A irrigação por superfície era hegemonicamente utilizada em muitas partes do mundo. A condução da água por gravidade até os dias atuais é a mais utilizada em muitos países em desenvolvimento. Com os avanços da energia elétrica, máquina a vapor e posteriormente das bombas hidráulicas, foi possível elevar a água a regiões de difícil acesso e posteriormente aperfeiçoar as técnicas. A irrigação por aspersão ficou conhecida, principalmente com a Revolução Verde, posteriormente, o aperfeiçoamento dos materiais atrelada a necessidade otimização dos recursos hídricos levou a expansão do sistema localizado.

#### 2.4.2 Irrigação no Brasil

Segundo a Agência Nacional das Águas (2017), estima-se que irrigação no Brasil teve início na década de 1900, na produção de arroz no estado do Rio Grande do Sul com a expansão do cultivo da cultura, naquele período essa região concentra cerca de 57,2% da área total irrigada, ou seja, 462 mil ha, enquanto que em outras regiões como São Paulo, Minas Gerais, Bahia e Santa Catarina respondiam, respectivamente por 12,3%, 4,9%, e 4,5% de toda as áreas irrigadas no ano de 1960.

Segundo Barbosa et al (2019), pode-se dizer que o Brasil é o celeiro do planeta, produzindo diversas culturas em diferentes tipos de solos, climas, além de possuir expressiva reserva de água doce disponível na Terra. Porém, a falta de consciência e conhecimento faz com que o desperdício da água e sua contaminação ponham em risco as condições de produção de alimentos e a segurança alimentar.

O desenvolvimento dos sistemas começou a ganhar notoriedade a partir dos anos de 1970 e 1980, onde surgiram programas como o Grupo Executivo de Irrigação para o Desenvolvimento Agrícola-GEIDA (1968); o Programa Plurianual de Irrigação (1969); o Programa de Integração Nacional (1970); o Programa Nacional para Aproveitamento Racional de Várzeas Irrigáveis – PROVÁRZEAS (1981), o Programa de Financiamento de Equipamentos de Irrigação – PROFIR (1982), o Programa Nacional de Irrigação – PRONI (1986) e o Programa de Irrigação do Nordeste – PROINE (1986). (ANA, 2017).

No estado de São Paulo, o DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica), fez uma série de pesquisas e levantamentos a partir do ano de 1972, tendo como um dos resultados o Diagnóstico Básico para o Plano Estadual de Irrigação, onde foi detectada a existência de 4,5 milhões de hectares de áreas economicamente irrigáveis (São Paulo, 2000) implantação dos CDIs (Campos de Demonstração de Irrigação) foi outra iniciativa do DAEE, onde foram implantados 13 CDIs em Guaíra, onde até hoje é um dos grandes polos de irrigação do Brasil. (ANA, 2017).

O Nordeste experimentou um rápido processo de incorporação de áreas irrigadas a partir do ano de 1980, resultado de investimentos em perímetros públicos e em infraestrutura hídrica que alavancaram o setor privado. Até o ano de 2006 a região contava com mais de 1 milhão de hectare irrigados, porém na última década, graças às crises hídricas que a região vem enfrentando e a redução de investimentos no setor, esse número vem caindo, fazendo com que o Nordeste ocupa 16,8% do total de áreas irrigadas do país (ANA, 2017)

O Centro Oeste teve um forte avanço na agricultura nos anos de 1970, mas só a partir dos anos 1990 passou a investir em sistemas de irrigação com mais expressividade. Quando comparado com outras regiões, a região Centro Oeste apresenta mais expansão em áreas irrigadas do Brasil nos últimos 20 anos, quadruplicando a área para 1,2 milhões de ha em 2015. (ANA, 2017).

O estado de Goiás é responsável pela maior parcela desse crescimento, sextuplicando sua área irrigada entre 1996 e 2015, graças aos investimentos, principalmente na

tecnologia de pivôs centrais na produção de grãos e de canhões de aspersão para irrigar a cultura da Cana de Açúcar, dessa prática que levou a um expressivo aumento na região nos últimos anos, ocupando 17% da área irrigada do país. (ANA, 2017).

Já o Sudeste, vem contribuindo de maneira significativa a partir da década de 1970, apresentando uma escalada expressiva com tecnologias diversificadas de irrigação sobressaindo-se entre as demais regiões brasileiras com 39% da área total atendida pelas tecnologias de irrigação. (ANA, 2017).

O Sul, tradicional polo de produção irrigada, também esteve em destaque com benefícios significativos para o setor nas últimas décadas. No entanto, com o progresso de outras regiões a taxas mais altas, a contribuição da região diminuiu, atingindo 24,4% em 2015. É a segunda maior região e possui o estado com maior abrangência de irrigação do país - Rio Grande do Sul (responsável por 80,6% da região sul e 19,5% da área nacional). (ANA, 2017).

Nos últimos anos tem havido uma estabilização limitada da área de arroz irrigado, e a tendência é um ligeiro aumento em médio prazo. A produção continua a crescer como bons resultados na produtividade e o Rio Grande do Sul também se destaca por apresentar um dos principais polos de expansão da irrigação por pivô central, especialmente na produção de grãos, localizada no noroeste do estado nas bacias dos rios Araguaia e Jacuí. (ANA, 2017).

Por fim, a região Norte, que continua a ser uma área de crescimento lento da agricultura irrigada, com incremento muito pequeno no cenário nacional, já o Tocantins é uma exceção por conta de investimentos substanciais no perímetro público e no setor privado nos últimos 30 anos, a área irrigada ultrapassou 120.000 hectares e está em constante aumento e a participação da região chegou a 2,8% do total nacional no ano de 2015. (ANA 2017).

#### 2.4.3 Irrigação no Pará

Segundo o Censo Agropecuário de 2006, o Estado do Pará possui um total de 29.333ha de área irrigada, distribuídos em 4.804 estabelecimentos agrícolas, no Censo Agropecuário de 1996, o estado possuía apenas 4.797 ha de área irrigada, distribuídos em 1.113 estabelecimentos isso representa um crescimento de 611% em comparação ao ano de 1996 (CORRÊA, *et al.*, 2012).

Apesar de apresentar ótimas condições para a implantação das tecnologias de irrigação, o baixo índice de estabelecimentos que utilizam essa tecnologia no Pará, está relacionado a dificuldade no acesso em algumas regiões do estado e pela falta de acompanhamento técnico, isso faz com que culturas empíricas na produção agrícola, sejam

bastantes difundidas pelo vasto território do Pará. (CORRÊA, *et al.*, 2012).

Outro motivo pelo qual a irrigação é pouco difundida no estado, é a falta de energia elétrica, o censo Agropecuário de 2006 acusou que apenas 27% dos estabelecimentos agrícolas utilizam energia elétrica fornecidas por empresas distribuidoras de energia (Corrêa *et al.*, 2012), e pelo fato da maioria dessas unidades utilizarem energia oriunda de termelétricas, deve ser levado em consideração a qualidade do serviço. (HOMMA, *et al.*, 2009).

## 2.5 Métodos de Irrigação

Antes da implantação de qualquer projeto de irrigação, deve-se verificar as condições do terreno a ser utilizado quanto a drenagem, a percolação da água, e se o mesmo tem condições de receber qual tipo dos diversos sistemas utilizados na irrigação. A depender das condições do solo, deve-se verificar se o mesmo é arenoso, pouco profundo, quanto a topografia, declividade e principalmente sua estabilidade física, para não causar problema de erosão, pois são fatores preponderantes na tomada de decisão, só então, escolhe-se o sistema de irrigação mais adequado para o terreno e a cultura a ser implantada. (SALASSIER, *et al.*, (2019).

Os métodos de irrigação devem ser considerados como uma prioridade no planejamento agrícola, pois, é através dele que se obterá uma maior e melhor produtividade, pela sua adequação a cada tipo de cultivo e solo em questão para o plantio, ter conhecimento sobre os tipos e modelos de irrigação é de suma importância para o sucesso na produção, sendo necessário falar destes métodos, os de Aspersão, Irrigação Localizada e Irrigação de Superfície sendo que cada método dispõe de sistemas específicos (PALARETTI, *et al.*, 2013).

### 2.5.1 Métodos de irrigação por aspersão

#### 2.5.1.1 Aspersão Convencional

No sistema de irrigação por aspersão convencional, de muita utilização por aspersores trabalhando de forma sincronizada onde a água é aspergida sobre a copa das plantas simulando a chuva, um sistema muito aplicado nas pequenas e médias propriedades por ser de baixo custo e muito eficiente, com boa uniformidade e praticidade podendo ser montada e desmontada de acordo com a necessidade. Geralmente de tubulação em PVC ou aço zincado de diversas polegadas de fácil conexão, a irrigação por aspersão convencional tem diversas vantagens se comparada com outros sistemas como o preço e a facilidade de operação, (MANTOVANI, *et al.*, 2013).

Vale ressaltar que, para se definir o tipo de irrigação por aspersão, são utilizados

dois métodos, o sistema fixo e o móvel, que são definidos pelo tipo de tubulação utilizada. Os fatores que afetam diretamente a irrigação por aspersão, não permitindo a capacidade máxima do sistema em sua aplicação, são a temperatura, umidade relativa do ar e o vento, locais com predominância desses fenômenos, devem ser evitados para implantação desse tipo de sistema, os métodos mais apropriados nesse caso são os de irrigação por gotejamento ou superfície. por esses motivos, deve-se tomar muito cuidado quanto ao uso do sistema mais adequado de irrigação, para evitar que esses fatores químicos e físicos não interferiram diretamente na produtividade. (SALASSIER, *et al.*, 2019).

#### 2.5.1.2 Irrigação por malha

Sistema de aspersão por malha é caracterizado como fixo apresentando tubulação enterrada, tendo como origem a aspersão convencional, salienta-se que esse tipo de sistema tem particularidades específicas pela dinâmica que apresenta, o funcionamento de cada aspersor por vez em sua linha lateral, por essa particularidade, tem sua linha reduzida nos diâmetros de tubulação e necessitando utilização de equipamento como motobomba de baixa potência para não danificar os equipamentos irrigantes. (MANTOVANI, *et al.*, 2013).

#### 2.5.1.3 Irrigação por pivô central

Já o sistema de irrigação por pivô central é indicado para áreas de médio a grande porte por eficiência de água mediante aspersores, difusores ou através de emissores localizados em bengalas, esse grupamento requer um médio consumo de água e de energia, baixa demanda de mão de obra, abrange grandes áreas, teve um avanço considerável tecnicamente e apresenta grandes possibilidades em sistemas de diferentes tipos de produção, por isso, o pivô central de irrigação é o responsável pelo crescimento das áreas de plantio no Brasil. (MANTOVANI, *et al.*, 2013).

A Indústria brasileira disponibiliza vários modelos de de pivôs, para atender aos mais diversos sistemas de produção, sendo destinados as diversas culturas de plantio, as de baixo porte e também para as de alto porte, disponibilizando a água por aplicação limitada ou total, a depender da exigência da cultura esse sistema pode ser de deslocamento ou fixo, com possibilidade de raio de ação de até 800 metros de área irrigada, numa proporção de 180 hectares, porém, a depender da estrutura do solo, o sistema mais indicado a se utilizar é de até 120 hectares ou menor. (BERNANRDO, *et al.*, 2019).

#### 2.5.1.4 Irrigação autopropelido

Sistema de irrigação Autopropelido é composto por um canhão hidráulico aspersor montado em um equipamento sobre rodas que permitam seu deslocamento pela propriedade

onde se fará a irrigação, o mesmo é estimulado por um cabo de aço ou mangueira que requer grande demanda de energia e medianamente eficiente na irrigação, muito utilizado para irrigação de cana-de-açúcar, pastagens, e também aplicação de águas residuárias na agricultura. (MANTOVANI, et al., 2013).

## 2.5.2 Métodos de irrigação localizada

### 2.5.2.1 Irrigação por gotejamento

A metodologia de irrigação localizada, por gotejamento, são sistemas mais recentes na área da irrigação onde a água é colocada próximo da raiz da planta em forma de gotejamento constantemente de acordo com a necessidade da cultura irrigada. De elevado potencial na irrigação garantindo alta produtividade, outro fator de destaque é a possibilidade de filtração da água e adição de fertilizantes para adubação e de fácil controle na distribuição. Por outro lado, esse sistema entope facilmente, tendo em vista ser de pequenos furos e emissores de orifícios muito pequenos, requerendo uma mão-de-obra especializada para manutenção. (MANTOVANI, et al., 2013).

### 2.5.2.2 Irrigação por microaspersão

No sistema de irrigação por microaspersão, é o sistema de aplicação da água feita por microaspersores sob a cultura simulando chuva fraca a fim de manter o solo sempre úmido o mais próximo possível da área radicular da planta, mantendo a capacidade de campo do solo. Esse sistema abrange pequena área em redor, e diminui a evaporação da água do solo para o ambiente, pode ser usado em vários tipos de solos, terrenos, precisa de mão de obra qualificada para manejar, consome mais energia, as tubulações são de material pvc ou metal (MANTOVANI, *et al.*, 2013).

## 2.5.3 Métodos de irrigação por superfície

### 2.5.3.1 Irrigação por sulcos

No sistema de irrigação por sulco, a preparação do terreno a ser utilizado necessita de escavação em forma de canais onde serão preenchidos por águas em paralelo as fileiras das culturas plantadas, esse modelo tende a acompanhar em toda sua extensão os sulcos, visando sempre o objetivo de manter o solo úmido, para não desidratar a cultura plantada e manter suas exigências hídrica a fim de manterem sua turgidez e sua capacidade de produção em seu limite máximo. (MANTOVANI. *et al.*, 2013).

### 2.5.3.2 Irrigação por faixas

O sistema de irrigação por faixa, também é compreendida como sendo diques paralelos, esse sistema é bem adaptável a solos com textura média e pesados, principalmente as

culturas de sistema radicular de pouca profundidade, já em solos considerados leves, o ideal é que as faixas sejam curtas evitando a percolação da água e grandes perdas. Na irrigação por faixa, o fator mais importante é a capacidade de drenagem do solo, e a dimensão da área a ser utilizada quanto a largura e comprimento, entre eles estão a velocidade da água, vazão propiciada, declividade, resistência da lâmina d'água, cobertura vegetal e o solo quanto a infiltração da água. (BERNANRDO, *et al.*, 2019).

#### 2.5.3.3 Irrigação por inundação

Irrigação por inundação, fazem-se barreiras criando uma espécie de bacia, também conhecido como tabuleiro que pode ser permanente e intermitente. Na inundação permanente, mantém-se a água sob a superfície do solo de forma constante perdurando por todo o ciclo da cultura, um bom exemplo desse método é o cultivo do arroz. A irrigação por inundação intermitente é muito parecida com a irrigação por faixa, só que sem escoamento da água, no sistema intermitente, o tabuleiro fica com água até o final do ciclo da cultura e depois a água é liberada, (MANTOVANI, *et al.*, 2013).

#### 2.5.4 Irrigação por subirrigação

Esse método é compreendido como sendo irrigação por superfície, considera a aplicação da água pela utilização de canais ou drenos para formar uma frente de molhação subsuperficial por meio de elevação do lençol freático sempre mantendo a umidade na região radicular das culturas. Muito comum em regiões de várzeas ou áreas baixas de solos bem permeáveis sobre camada impermeável. (MANTOVANI, *et al.*, 2013).

### 2.6 Manejo da Irrigação

Christofides (1997), cita o setor agrícola como sendo o maior consumidor de água de rios, lagos, nascente, aquíferos, reservatórios, além do consumo industrial e o doméstico, por esses fatores, é necessário um rigoroso controle no uso da água principalmente na irrigação evitando desperdícios desnecessários por má gerenciamento. Devido ao alto consumo de água para irrigação no Brasil, essa demanda tem atendido de forma eficiente a produção agrícola irrigada. (CARDOSO *et al.*, 1998).

Segundo Cardoso *et al.* (1998) o olhar clínico para o manejo eficiente quanto a utilização da água no uso agrícola, deve ser visto como uma das etapas que se faz necessário no contexto que está integrada para o objetivo da demanda que nunca se alcançará sozinha sem o processo de interação.

Segundo a FAO (1998) os países da América Latina e a administração inadequada levou a inviabilidade de mais de 3 milhões de quilômetros quadrados de áreas agricultáveis em

solos áridos, podendo tornar-se verdadeiros desertos. Segundo Bernardo (1997) os Estados do Nordeste brasileiro, já se tornaram um exemplo de mau uso das terras e projetos ineficientes, cerca de 30% dos solos utilizados para cultivo por irrigação em áreas públicas, estão apresentando salinização o que é um grande problema para o cultivo agrícola.

De acordo com a FAO os diversos fatores que afetam o solo levando-o à degradação estão ligados a qualidade do perfil, a composição química, práticas não recomendadas de irrigação que, deve levar em conta a drenagem e profundidade do solo.

Valenzuela et al., (1994) chama a atenção para o gradual desgaste dos recursos naturais que já são perceptíveis dentro do contexto ambiental, logo se faz necessário um maior equilíbrio entre os atores principais, água, agricultura irrigada, a sustentabilidade e a garantia dos insumos para as futuras gerações. Para Vosti e Reardon (1999) o maior cuidado não está com a sustentabilidade, crescimento agrícola e o produtor, mas sim, na consistente utilização dos recursos naturais que são finitos, podem ser degradados e difíceis de serem recuperados, são a base do bem-estar humano e de sua conservação depende a segurança alimentar ou a pobreza inevitável.

Segundo Ayres e Westcot (1995) os cuidados com a água destinadas a irrigação deve ser entendida como uma prioridade, mesmo que elas possuam um baixo nível de salinidade, pode-se tornar num processo salínico, daí a necessidade de se manejá-la de forma correta para não causar prejuízos severos ao solo e as plantas. Oliveira (1997) diz que aproximadamente 30 milhões de hectares irrigados estão afetados pela salinização no mundo, um problema que poderia ser evitado por um manejo corretamente praticado.

Cruz e Melo (1969) abordam que no Nordeste, onde o clima e sua característica peculiar de armazenar as águas que se acumularão nos aquíferos tanto os confinados os livres ou os fraturados, recebem as águas precipitadas com suas composições que podem estar quimicamente salinizadas e irão interferir diretamente nos lençóis freático, quando retiradas para uso não estarão com a mesma pureza esperada.

Para que a água seja usada na irrigação ela precisará ser avaliada quanto ao seu estado de pureza, não se deve correr o risco de utilização de água salina para irrigação, pois estará levando carbonatos para o solo que em sequência via irrigação contamina as plantas com a toxicidade por cloreto de sódio, inviabilizando-a para o consumo. (FAO/UNESCO, 1973).

Estudos são empregados para avaliar a melhor forma de manejo para cada tipo de cultura, entre elas está a cultura do feijão, buscando o melhor emprego de técnicas para potencializar por meio do manejo da irrigação com o olhar para a otimização do recurso hídrico

levando em consideração a escassez e a necessidade da irrigação e seu resultado a produtividade com qualidade e quantidade diferenciada com o menor impacto possível para o meio ambiente, esse é um dos papéis fundamentais para a comunidade científica. (REIS et al., 2007; MORAIS et al., 2008; SANTANA et al., 2009).

#### 2.6.1 Manejo da irrigação via solo

De acordo com Mantovani et al (2013), o sucesso do empreendimento agrícola está estritamente ligado à qualidade do projeto, qualidade dos equipamentos utilizados, qualidade da implantação e qualidade no manejo do sistema no campo, só assim pode-se garantir o melhor desempenho do sistema produtivo.

Os estudos apresentados sobre o manejo de água no solo tendem a mostrar, a disponibilidade da água para as plantas, seguindo também o processo de capacidade de campo, as retidas pelas tensões equivalentes, e ao ponto de murchamento permanente, processos já comprovados em laboratório. (RICHARDS, 1947).

Muitos instrumentos podem ser utilizados para medição da umidade do solo os quais podemos citar os tensiômetros, as sondas TDR (Reflectometria no domínio do tempo), sensores de resistência elétrica e as sondas de neutrons.

A capacidade de campo ocorre quando todos os poros do solo são ocupados por água. Essa água é comumente chamada de solução do solo devido à abundância de nutrientes que antes eram associados aos colóides do solo, A capacidade de campo é considerada como sendo a umidade do solo retida na tensão de  $-10$  KPa (solos arenosos) e  $-30$  KPa (solos argilosos).

O ponto de murcha permanente ou ponto de murcha ou coeficiente ou ponto de murcha é definido como o teor de umidade do solo no qual as folhas de uma planta que cresce nele atingem pela primeira vez uma murcha irreversível, mesmo quando colocadas em uma atmosfera saturada de umidade

Deve-se pensar de forma racional o manejo de todo e qualquer projeto, pois o mesmo estará vinculado a ecologia da região e a sociedade local, pois a preocupação deve-se manter na melhoria ou estabilidade do solo quanto aos aspectos físicos, químicos e biológicos, e não somente da captação de água, deve-se levar em consideração os vários fatores dos quais vai depender a vida útil do projeto. A eficiência de todo conjunto e seu resultado esperado, dependerá da qualidade da aplicação do conhecimento da inter-relação entre solo-água-planta-atmosfera e manejo adequado de irrigação. (BERNARDO et al., 2019).

A disponibilidade total de água no solo (DTA) é a água disponível para as plantas, é definida pelo intermédio entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente, onde a equação 1 que apresenta esse total está expressa por:

$$DTA = \frac{(Cc - PM)}{10} \times Da \quad (1)$$

Em que:

DTA - disponibilidade total de água no solo, (mm/cm);

Cc - capacidade de campo, (%);

PM - ponto de murcha, (%);

Da - densidade aparente do solo, (g/cm<sup>3</sup>).

A capacidade total de água está representada pela equação 2.

$$CTA = DTA \times Z \quad (2)$$

Em que :

CTA - capacidade total de água (mm)

DTA= disponibilidade total de água, (mm/cm);

Z= profundidade efetiva do sistema radicular, (cm).

Para determinação da capacidade real de água do solo utilizamos a equação 3.

$$CRA = CTA \cdot f \quad (3)$$

Em que:

f – fator de disponibilidade (valor decimal adimensional)

CRA – capacidade real de água (mm)

A Irrigação real necessária (IRN) será determinada levando em consideração os dados de precipitação pluviométrica, uma vez que no caso de ausência de chuvas a IRN será menor ou igual a CTA, enquanto que em dias de ocorrência de chuvas IRN será menor ou igual a CTA, subtraindo esta última da precipitação efetiva (Pe).

Por fim, para obtenção da Irrigação Total Necessária (ITN), utilizaremos a equação 4.

$$ITN = \frac{IRN}{Ea} \quad (4)$$

Em que:

ITN – Irrigação total necessária (mm);

IRN – Irrigação real necessária (mm);

Ea – Eficiência de aplicação de água (valor adimensional em decimal).

### 2.6.2 Manejo da irrigação via clima

Entende-se também como manejo da irrigação, o monitoramento de diversos fatores relacionados ao desenvolvimento das plantas, ao solo, ao clima, formando um conjunto destes fatores, tem-se o balanço hídrico, este por sua vez tem a função de responder algumas perguntas sobre como, quando e quanto irrigar. Segundo Mantovani et al., (2013), sejam quais forem os fatores a serem monitorados, sugerem que sejam consideradas as relações que existem no sistema água-solo-planta-atmosfera.

O trabalho da assistência técnica é fundamental para a adoção de boas práticas de irrigação. Quando não há uma gestão adequada dos recursos hídricos, problemas como insuficiência da aplicação da lâmina de água sobre as culturas podem causar perdas na produção, como também o contrário, o excesso de água pode levar a lixiviação de nutrientes e o agravamento dos processos erosivos.( MANTOVANI, *et al.*,2013).

Quanto a determinação das condições de umidade no solo para determinada cultura, a evapotranspiração vai influenciar diretamente, dependendo do ciclo da planta em cultivo, se o seu ciclo é curto, será menor que a evapotranspiração de referência, ela tende a diminuir essa diferença de acordo com o crescimento da cultura, em detrimento ao crescimento foliar e sua diminuição, podendo ultrapassar a evapotranspiração de referência, desenvolvendo-se vegetativamente até o final do enchimentos dos grãos, voltando então a aumentar a diferença novamente.( BERNARDO *et al.*, 2019).

A evapotranspiração de referência, também conhecida como evapotranspiração potencial, tem caráter fundamental para referência no sistema agrometeorológico, com indicadores para o modelo de planejamento para o manejo de irrigação, como também pode ser indicador de informações de dados climáticos de recursos hídricos, na aplicação de estudos meteorológicos, climatológicos e hidrológicos.

Esse contraste de diversidade nos métodos são decorrentes da diversa complexidade da transposição da água do sistema solo-planta atmosfera, da diversidade de climas existentes no mundo, e seus obstáculos para exploração de tais elementos meteorológicos indispensável para a alimentação de tais métodos. (CARVALHO, *et al.*, 2011).

De acordo com a equação-padrão, Penman-Monteith apresenta o modelo bem mais preciso e estimado da  $E_{to}$  (Equação 5), que requer muitos dados que só a meteorologia pode fornecer como a umidade relativa do ar, temperatura, radiação e fotoperíodo, velocidade do vento, difíceis de se obter em muitas propriedades (MANTOVANI, *et al.*, 2013). Essa equação referida acima, tem sido muito potencializada e deve ser referenciada, vejamos a seguir:

$$E_{T0} = \frac{0,408\Delta(Rn - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34u_2)} \quad (5)$$

Em que:

$E_{to}$  - evapotranspiração de referência, ( $\text{mm dia}^{-1}$ );

$Rn$  - radiação líquida na superfície das culturas, ( $\text{MJ m}^2 \text{dia}^{-1}$ );

$G$  - Fluxo de calor no solo, ( $\text{MJ m}^2 \text{dia}^{-1}$ );

$T$  - Média diária da temperatura do ar a 2 m de altura, ( $^{\circ}\text{C}$ );

$u_2$  - velocidade do vento a 2 m de altura, ( $\text{m s}^{-1}$ );

$e_s$  - pressão da saturação de vapor, (kPa);

$e_a$  - pressão de vapor atual, (kPa);

$e_s - e_a$  - déficit de saturação de vapor, (kPa);

$\Delta$  - inclinação da curva da pressão de vapor *versus* temperatura, ( $\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ ).

$\gamma$  - constante psicrométrica, ( $\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ ).

Para determinação da quantidade de água consumida em um intervalo de tempo pela cultura em plena atividade vegetativa determinamos a  $E_{Tc}$ . Lembrando que em um contexto da planta livre de enfermidades e com o teor de umidade no solo próximo à capacidade de campo (Equação 6).

$$E_{Tc} = E_{T0} \times K_c \quad (6)$$

Em que:

Etc – Evapotranspiração da cultura (mm);

$ET_0$  – Evapotranspiração de referência (mm);

$K_c$  – coeficiente de cultivo (valor decimal adimensional).

Pelo fato do método de Penman-Monteith necessitar de dados que so podem ser gerados a partir de estações meteorológicas, e levando em consideração que na região do baixo amazonas, a falta de dados devido à poucas estações em funcionamento, a equação de Hargreaves (1985), se faz mais útil, pois requer menos dados, apenas os dados da temperatura e a radiação no ápice da atmosfera pelo fato de o mesmo ser tabelado pela latitude local, entretanto, esse valor de  $ET_0$  pode ser superestimado em climas úmidos, sendo necessário esse ajuste regional para sua precisão. Para uma melhor adequação de dados, é recomendado utilizar os bancos de dados na determinação da  $ET_0$ , pelas equações de Penman-Monteith e a equação de Hargreaves (Equação 7), pela regressão dos valores para a obtenção dos coeficientes regionais e o aumento da precisão do método. (MANTOVANI, *et al.*, 2013).

$$\frac{R_s}{R_a} = Kt (T_{max} - T_{min})^{0,5} \quad (7)$$

Em que:

$Kt$  é o coeficiente empírico, adimensional;

$R_a$  é a radiação solar extraterrestre em  $\text{MJ m}^{-2}\text{dia}^{-1}$ ;

$R_s$  é a radiação solar global em  $\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$ ;

$T_{max}$  é a temperatura máxima do ar em  $^{\circ}\text{C}$ ;

$T_{min}$  é a temperatura mínima do ar em  $^{\circ}\text{C}$ .

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

No presente trabalho foi realizado um levantamento das informações estatísticas do Censo Agropecuário 2017 (IBGE, 2017) sobre a irrigação no Estado do Pará.

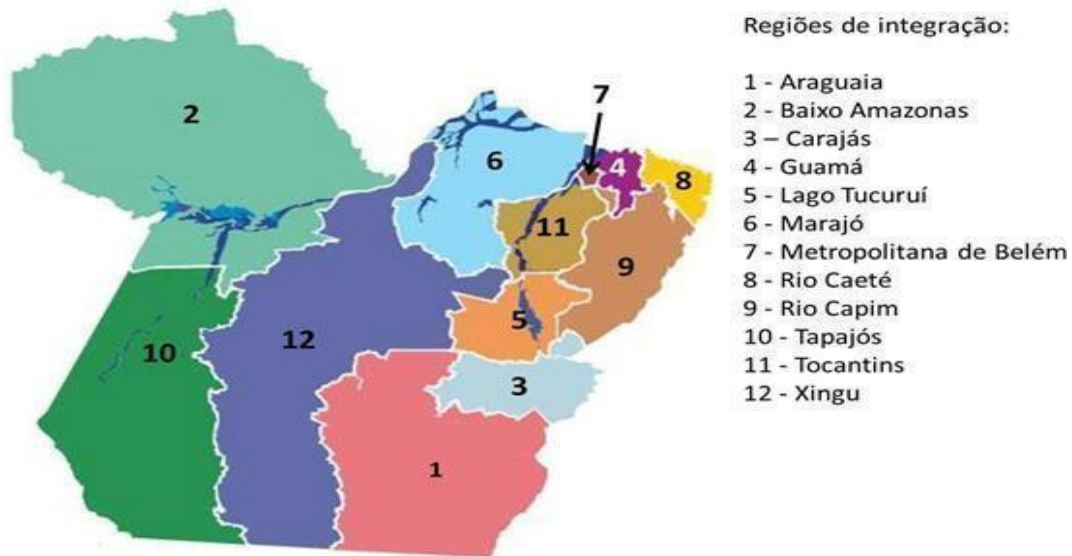
A aquisição dos dados foi realizada através do Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA). Para o estudo detalhado da distribuição da irrigação no Estado será levado em consideração as Regiões de Integração, método o qual o Governo do Estado do Pará utiliza critérios de concentração populacional, acessibilidade, complementaridade e interdependência econômica para realizar a divisão das regiões, foi usado os software Excel da Microsoft. A descrição das Regiões de Integração do Estado do Pará está na Tabela 1.

**Tabela 1-** Descrição das Regiões de Integração do Estado do Pará

Região de Integração	Nº de Municípios	Área (Km <sup>2</sup> )
Araguaia	15	174.051,9
Baixo Amazonas	13	315.856,7
Carajás	12	44.814,5
Guamá	18	12.130,9
Lago Tucuruí	7	39.937,9
Marajó	16	104.139,3
Metropolitana de Belém	5	1.819,3
Rio Caeté	15	16.580,5
Rio Capim	16	62.135,2
Tapajós	6	189.593,0
Tocantins	11	35.838,6
Xingu	10	250.791,0

Fonte: Souza *et al.*, 2012.

Na Figura 1 pode-se observar o mapa do estado do Pará, com a divisão das regiões.

**Figura 1-** Localização das Regiões de Integração do Estado do Pará

Fonte: Souza et al., 2012.

Os dados analisados em relação ao Pará e as suas Regiões de Integração foram: atividade econômica, fonte de captação de água, métodos de irrigação, e grupos de áreas. Os critérios de classificação adotados pelo IBGE estão na Tabela 2.

**Tabela 2-** Critérios de classificação do IBGE

Dados	Classificação
Atividade Econômica	Produção de lavouras temporárias; Horticultura e floricultura; Produção de lavouras permanentes; Produção de sementes e mudas certificadas; Pecuária e criação de outros animais; Produção florestal - florestas plantadas; Produção florestal - florestas nativas; Pesca; Aquicultura
Fonte de Captação de água	Nascentes (protegidas por matas); Nascentes (não protegidas por matas); Rios ou riachos (protegidos por matas); Rios ou riachos (não protegidos por matas); Poços convencionais; Poços tubulares profundos jorrantes; Poços tubulares profundos não jorrantes; cisternas
Área Irrigada	Irrigação localizada (gotejamento); irrigação localizada (microaspersão); Irrigação localizada (outros métodos); Irrigação por aspersão (aspersão convencional); Irrigação por aspersão (autopropelido/carretel enrolador); Irrigação por aspersão (pivô central); Irrigação por superfície (inundação); Irrigação por superfície (outros métodos); Irrigação por superfície (sulcos); outros métodos de irrigação (molhação); outros métodos de irrigação (subsuperficial)
Nº de Estabelecimentos	Irrigação localizada (gotejamento); irrigação localizada (microaspersão); Irrigação localizada (outros métodos); Irrigação por aspersão (aspersão convencional); Irrigação por aspersão (autopropelido/carretel enrolador); Irrigação por aspersão (pivô central); Irrigação por superfície (inundação); Irrigação por superfície (outros métodos); Irrigação por superfície (sulcos); outros métodos de irrigação (molhação); outros métodos de irrigação (subsuperficial)

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Quanto a Atividade Econômica

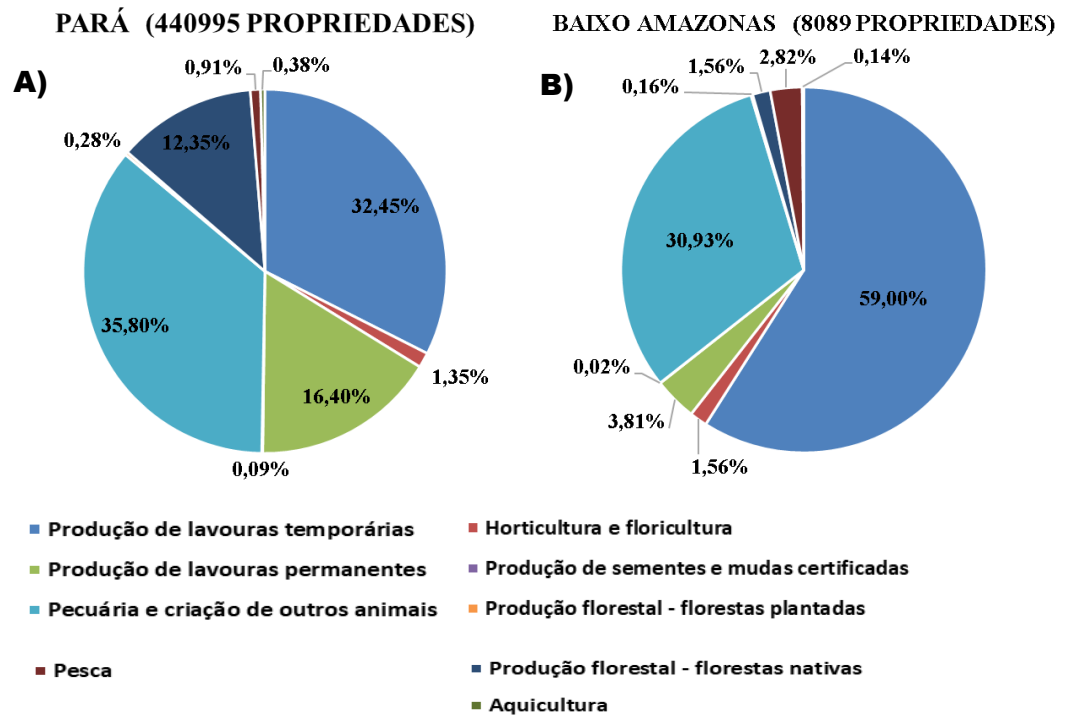
Inicialmente, ressaltamos que a interpretação dos dados dos Censo Agropecuário exige cuidados para sua compreensão sistemática, uma vez que a propriedade analisada pode contemplar mais de um elemento presente nas categorias estabelecidas, como exemplo, em uma mesma propriedade podem haver mais de um tipo de atividade econômica, que durante a tabulação dos dados pode levar à duplicidade na contabilização do total de propriedades. Para tanto os autores estabeleceram a contabilização dos percentuais de ocorrência da categoria dentro da base amostral descrita pelo IBGE.

Pode-se observar que a produção de Lavouras Temporárias e a Agropecuária e Criação de outros animais tem destaque tanto no estado do Pará com 32,45% e 35,80% (Figura 2 A) quanto na Região de Integração do Baixo Amazonas com 50,11% e 36,99% (Figura 2 B) respectivamente.

Em todo o estado do Pará a Produção Florestal ocupa cerca de 12,35%, e 16,40% de Lavouras Permanentes, quando comparado com a região de integração do Baixo Amazonas, essa apresenta 1,76% de Produção florestal e 6,40% de Lavouras Permanentes. A horticultura apresenta baixa percentagem quando comparado às outras atividades, apesar de ser uma atividade bastante representativa na agricultura familiar, em todo o estado do Pará apresenta apenas 1,35% e na região somente 1,22%.

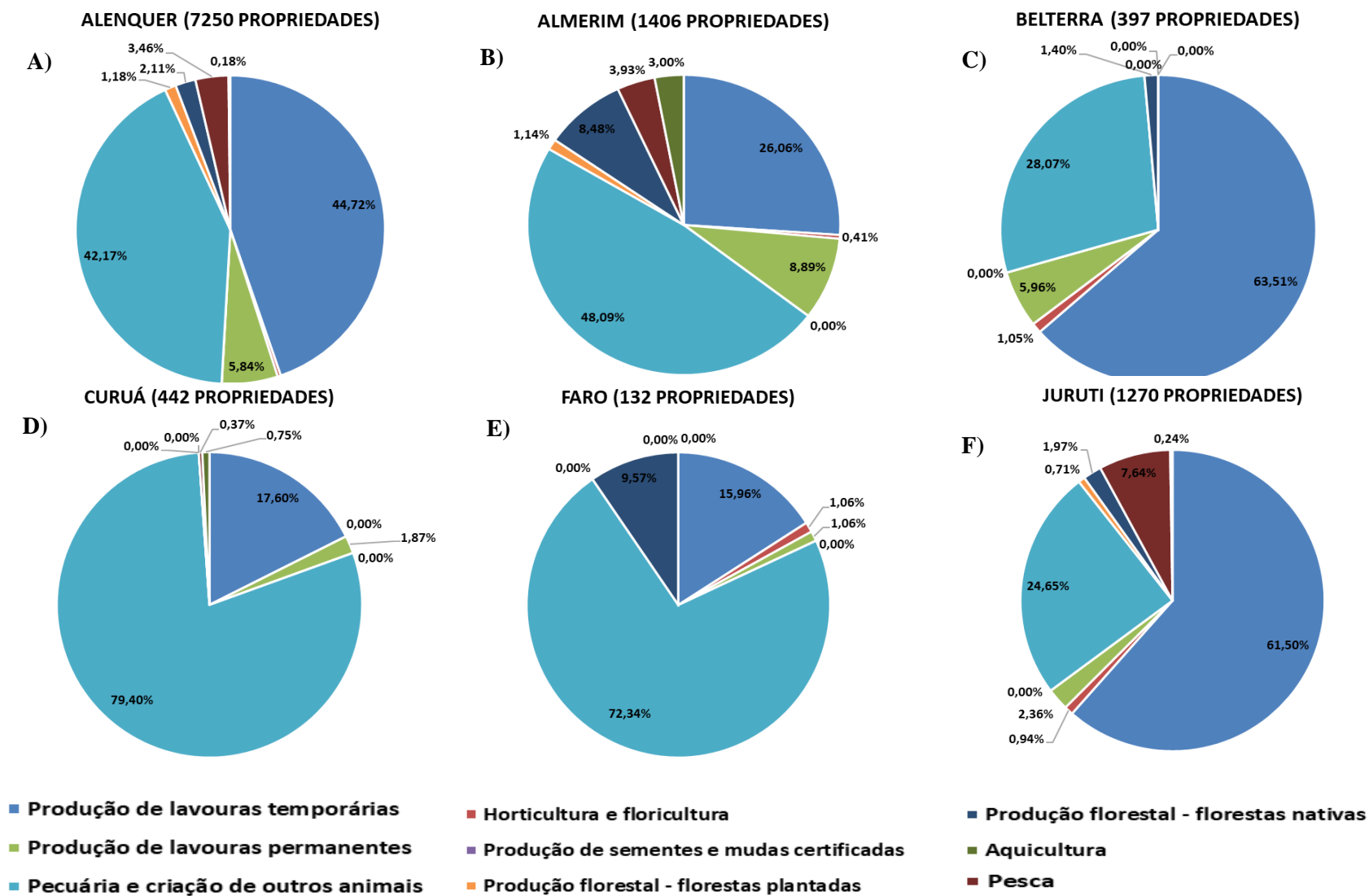
O que chama atenção em relação à região Oeste Paraense é o uso principalmente de rios e igarapés para a Pesca, que ocupa cerca de 2,69% (Figura 2 B) das atividades econômicas da região, enquanto que em todo o estado essa atividade ocupa apenas 0,38%, com isso pode-se observar a cultura da região para a pesca.

**Figura 2** - Percentual das atividades econômicas do estado do Pará e Baixo Amazonas



Fonte: elaborado pelos autores, 2022.

**Figura 3-** Gráficos de percentual das atividades econômicas das cidades: Alenquer; Almeirim; Belterra; Curuá; Faro e Juruti.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

Dentre as cidades é notório o destaque do uso de recursos hídricos para Pecuária e criação de outros animais e de lavouras temporárias, Alenquer dispõe de um rebanho bovino com cerca de 205.369 animais ( SEDAP/PA, 2019) , além de outras espécies e isso faz com que o município designe 42,17% de seu consumo hídrico para a pecuária e cerca de 44,72% para a produção de lavouras temporárias, seguido de 5,84% para Lavouras permanentes, 3,46% para Horticultura e o restante para outras atividades com pouca expressividade no mercado local (Figura 3 A).

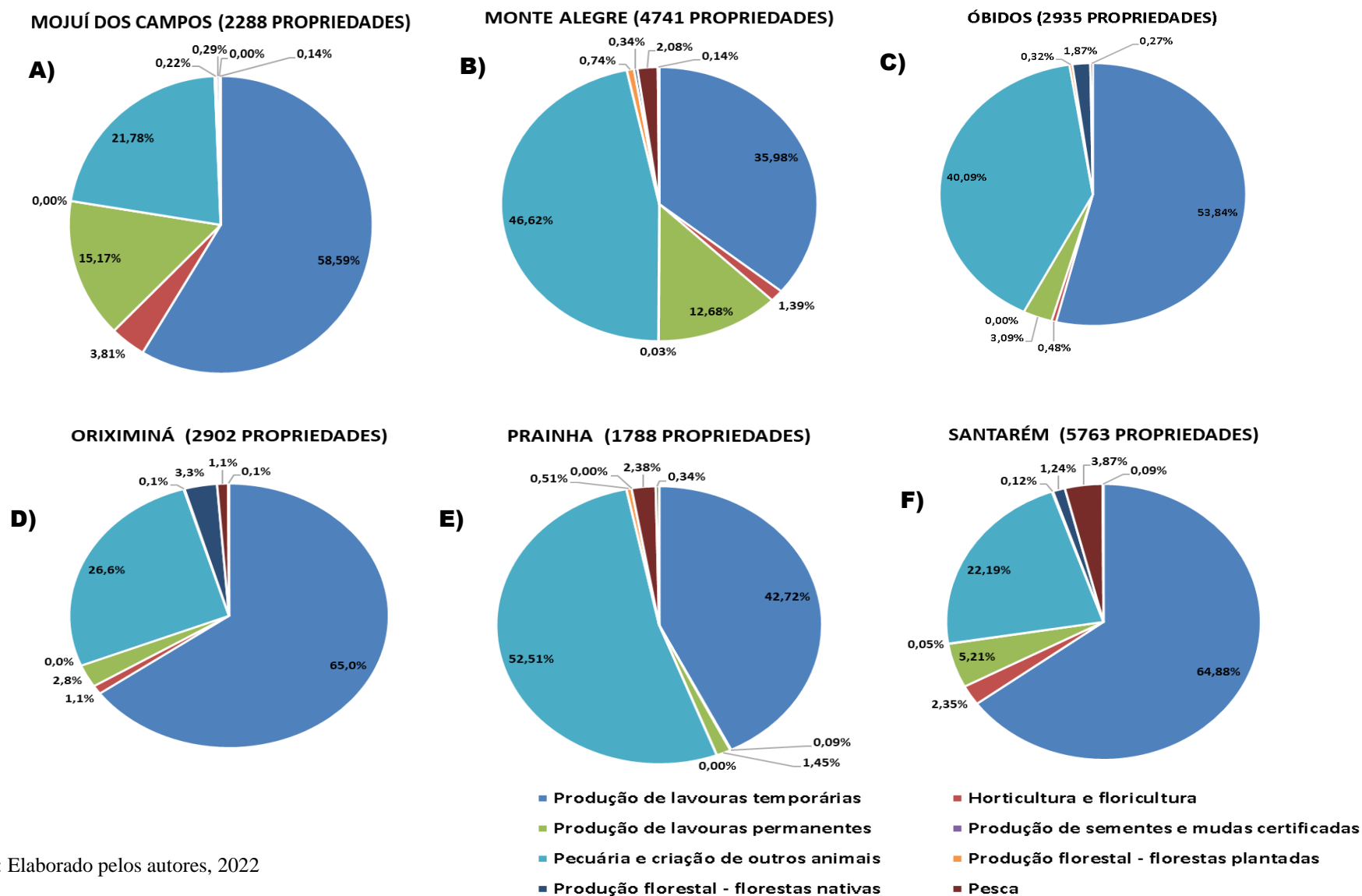
Em Almerim, verificou-se que a distribuição do consumo hídrico pelas propriedades que fazem usufruto desse recurso, é mais compartilhada dentre as atividades com maior participação no mercado local, certa 48,09% do consumo voltado para produção de proteína animal e seus derivados, 26,06% para as Lavouras Temporárias, 8,89% para Lavouras Permanentes, 8,48% para Produção Florestal , 3,93% para Horticultura e 3% para Aquicultura (Figura 3 B).

Em seguida, o município de Belterra direciona 63,51% de seus recursos hídricos captados para a produção de Lavouras Temporárias como, 28,07% para a Pecuária, 5,96% para a produção de Lavouras Permanentes, deixando apenas 1,4% para a produção de Florestas (Figura 3 C)

Segundo o IBGE 2020, Curuá é um município do Baixo Amazonas com 14.587 habitantes sendo que destes 52,82% residem na zona rural, a principal atividade da cidade é a pecuária que utiliza 79,4% de seus recursos hídricos para fomentar a cadeia da produção animal (Figura 3 D). Faro por sua vez designa 72,34% dos recursos hídricos consumíveis para a Pecuária e criação de animais, 15,96% para Lavouras Temporárias, 9,57% para Produção Florestal que inclusive é a maior percentagem de consumo de água para essa atividade dentre outras cidades do Baixo Amazonas (Figura 3 E).

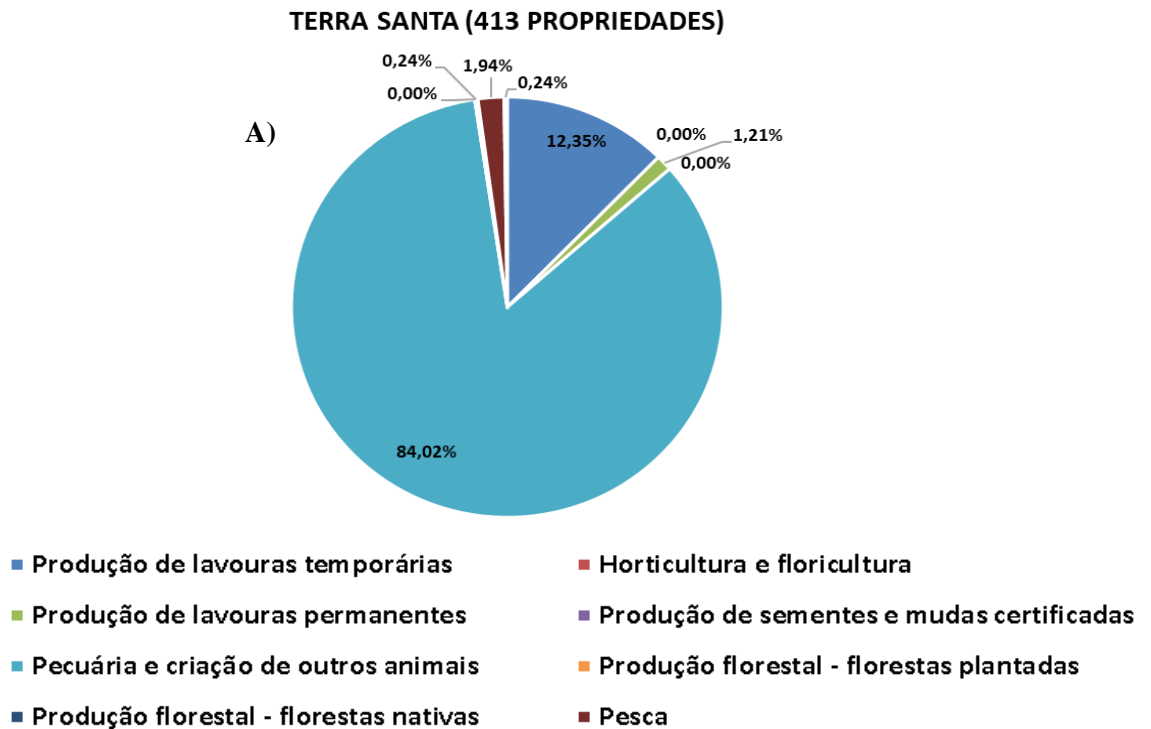
A Figura 3 F apresenta as atividades do município de Juruti, que segundo o IBGE 2020 conta com 58.960 habitantes, sendo que 66,33% dessa população, cerca de 39.109 pessoas residentes no meio rural, desenvolvendo atividades principalmente ligadas ao cultivo de mandioca e macaxeira e a criação de animais, com isso a atividade de lavouras temporárias consome cerca de 61% dos recursos hídricos captados, em seguida a pecuária e criação de outros animais que consome 24%.

**Figura 4-** Gráficos de percentual das atividades econômicas das cidades: Mojuí dos Campos; Monte Alegre; Óbidos ; Oriximiná; Prainha; Santarém e Terra Santa.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2022

**Figura 5-** Gráfico de percentual das atividades econômicas da cidade de Terra Santa.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

Dentre as cidades mostradas na figura 4, a produção de Lavouras temporárias e Pecuária são visivelmente as atividades mais fortes na economia local, as cidade de Mojuí dos campos, Óbidos, Oriximiná e Santarém a produção de Lavouras temporárias tem amplo destaque graças ao acesso à informações e novas tecnologias que difundiram as técnicas de irrigação em seu território, além de suas questões fundiárias bem resolvidas que possibilitam o produtor fazer uso de créditos rurais para assim ter acesso a ferramentas, equipamentos, insumos e mão de obra qualificada necessários à produção.

Nas cidades de Prainha, Monte Alegre (Figura 4 B; E) e Terra Santa(Figura 5 A) a Pecuária e Criação de outros animais tem grande influência na receita desses municípios, a cultura dessas áreas voltada para a produção de proteína animal além de melhoramento genético de bovinos, bubalinos, caprinos, suínos e equinos, possibilitou que a região fortalecesse os laços dessa cadeia produtiva.

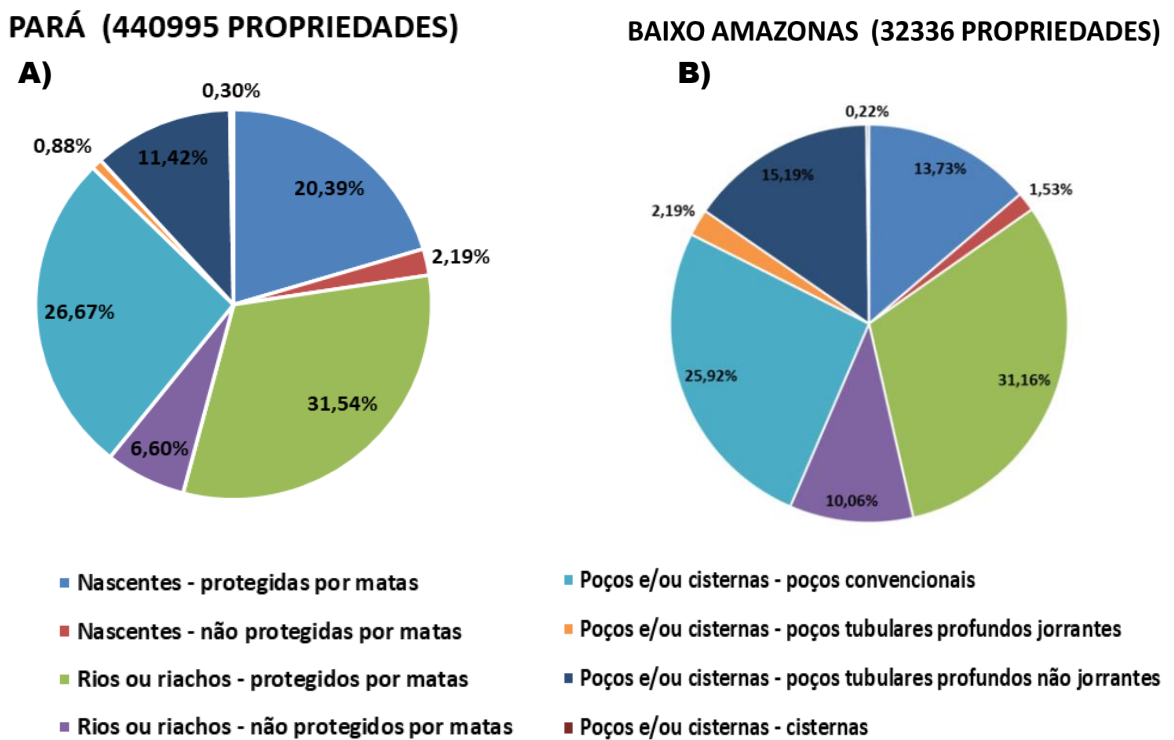
Importante destacar as cidades de Mojuí dos Campos, Monte Alegre e Santarém como importantes fornecedoras de frutos para toda a região, dando destaque para a produção de lavouras permanentes.

## 4.2 Quanto aos tipos de captação

No Estado do Pará, é levado em contatado que a predominância de captação de recursos hídricos ocorre de fontes superficiais como nascentes, rios e riachos protegidos por matas (Figura 6A). Porém em algumas regiões do estado, a dificuldade no acesso às águas superficiais, obriga os produtores a investir em sistemas de poços ou cisternas profundos, por isso esse método de captação apresenta uma parcela de 11,42% das formas de captação.

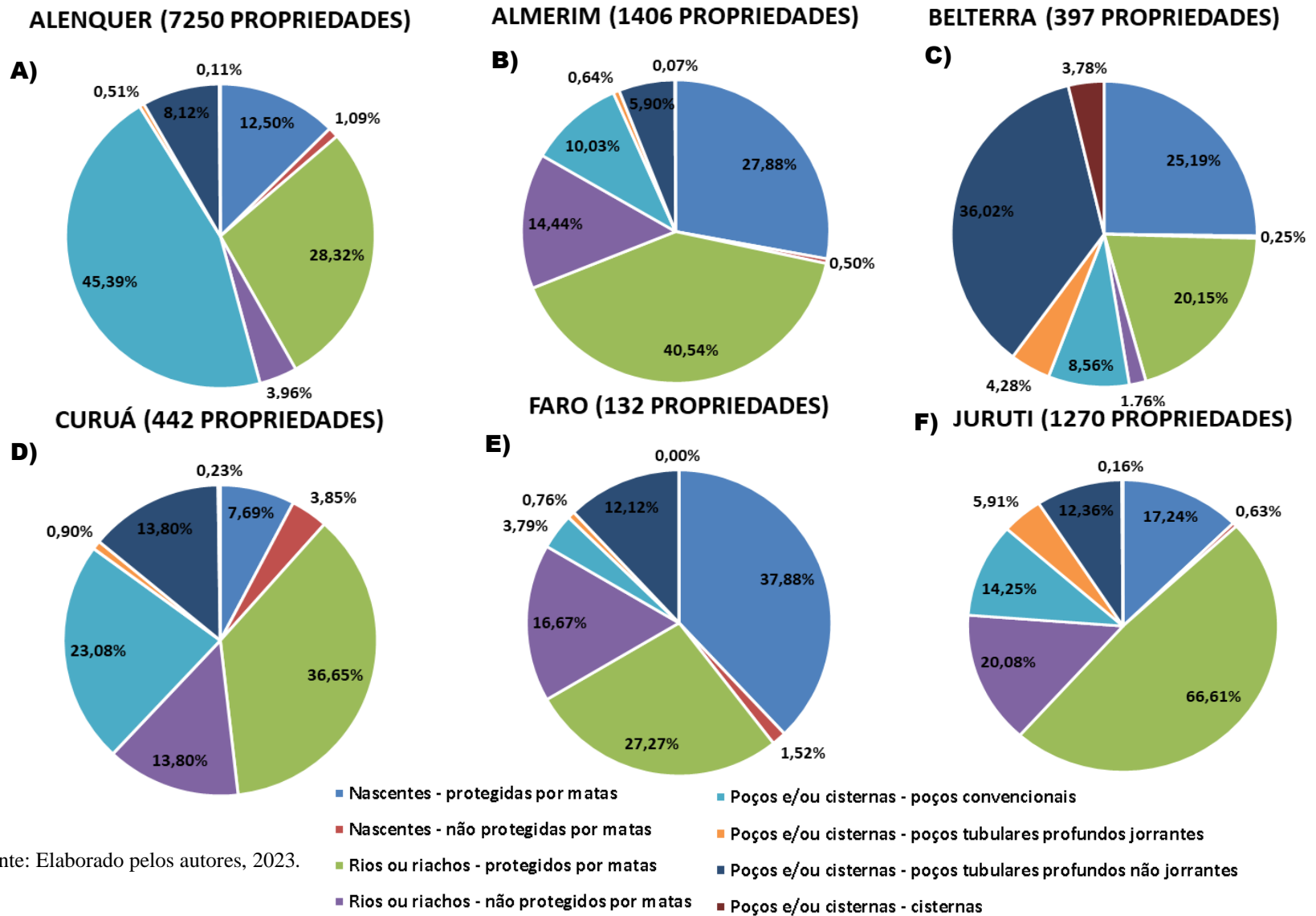
Da mesma forma, na Região do Baixo Amazonas (Gráfico 6 B), observou-se que as principais fontes de captação são oriundas de rios e riachos protegidos por matas, seguido de poços tubulares profundos não jorrantes, compreendendo valores de 31,16% e 15,19%, respectivamente. A diversificação dos tipos de captação se dá pelas várias formas em que o recurso está disponível ao longo do território, outro fator que influencia na escolha do método de captação, é o acesso a informação, tecnologias além da disponibilidade de ferramentas e serviços de qualidade, tudo isso graças a questões logísticas já que nessa região os rios são as principais vias logísticas e também a mais caras.

**Figura 6** - Gráficos dos percentuais de tipos de captação de água no estado do Pará e na região do Baixo Amazonas.



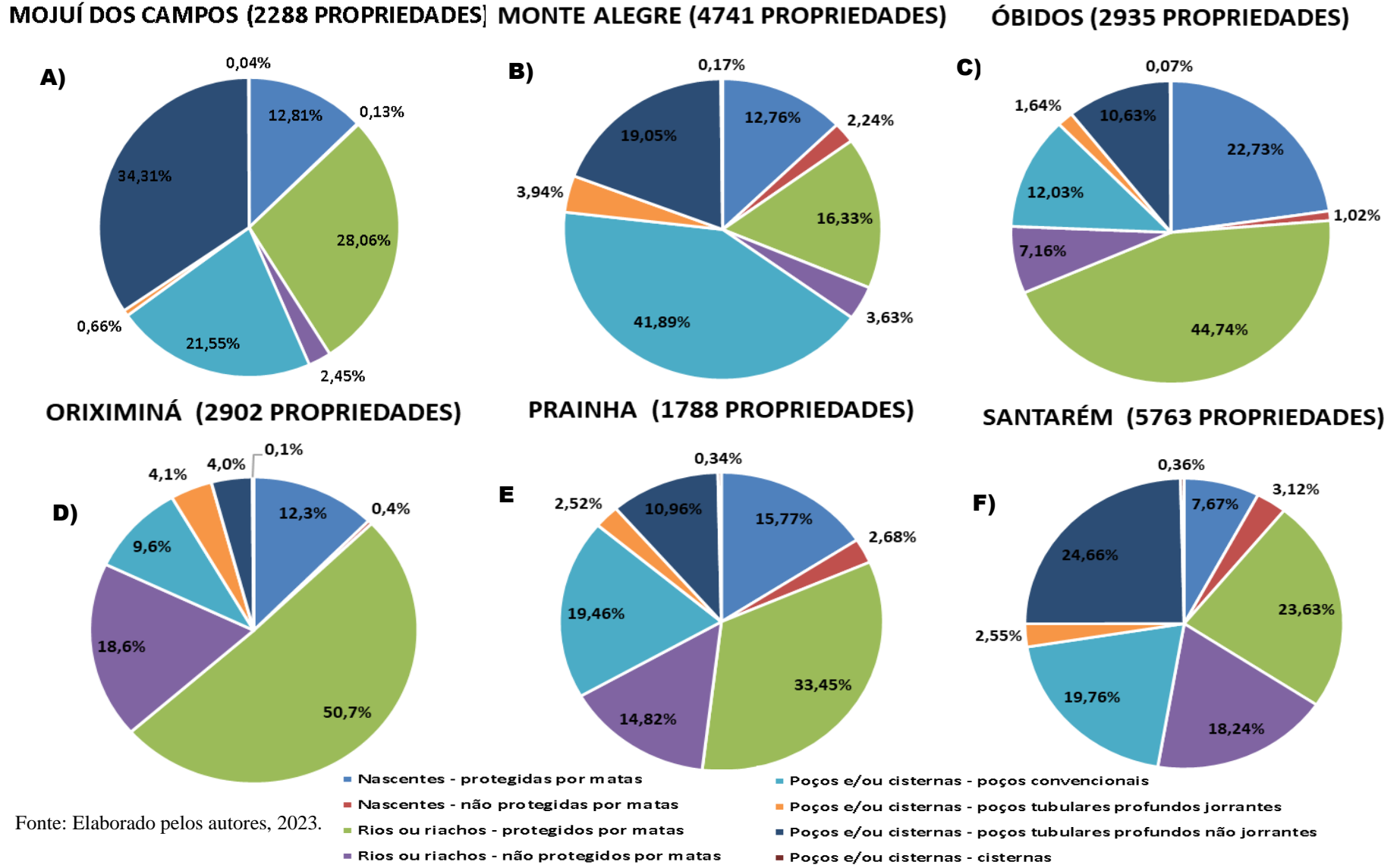
Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Figura 7- Gráficos dos percentuais de tipos de captação de água nas cidades: Alenquer; Almeirim; Belterra; Curuá; Faro e Juruti.

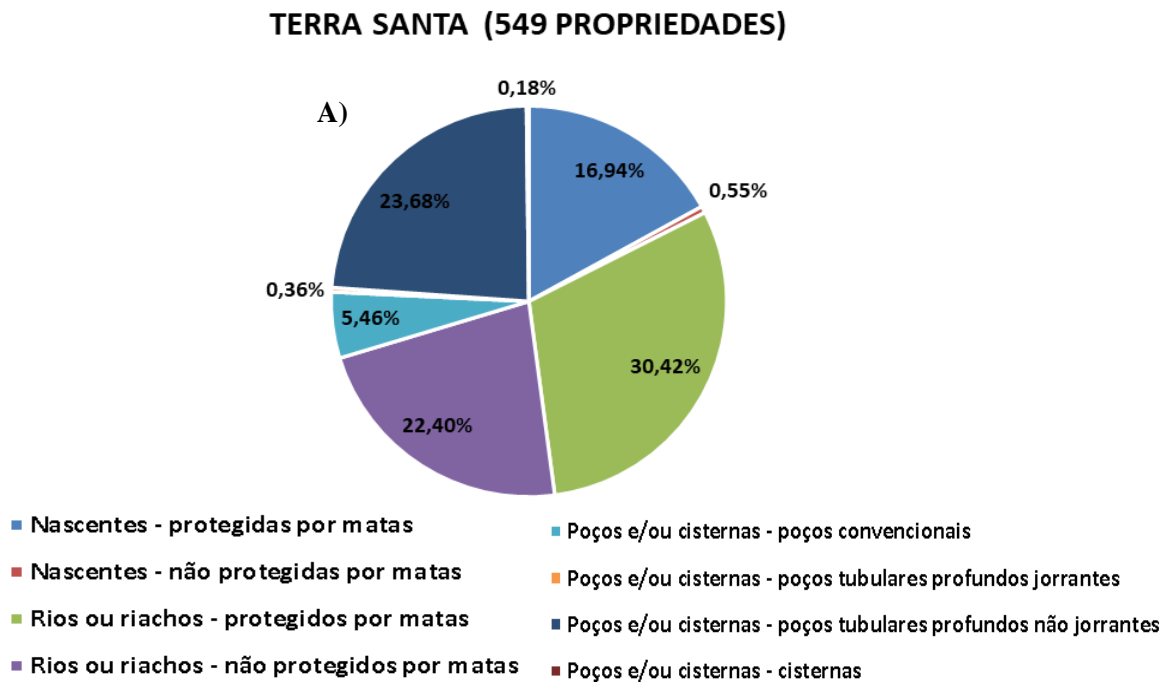


Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

**Figura 8** - Gráficos dos percentuais de tipos de captação de água nas cidades: Mojuí dos Campos; Monte Alegre; Óbidos ; Oriximiná; Prainha; Santarém e Terra Santa.



**Figura 9** - Gráfico dos percentuais de tipos de captação de água na cidade de Terra Santa.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Ao analisarmos os municípios da região de integração do Baixo Amazonas, verificamos que as principais fontes de captação de água não proveniente de fontes superficiais com destaque a rios e riachos (protegidos por matas ou não). Os municípios de Belterra, Alenquer e Faro já apresentam dominância de poços e cisternas como fonte de água nas propriedades rurais. Ainda é expressivo o uso de recursos hídricos de rios e riachos sem proteção vegetal.

A proteção da vegetação no entorno de nascentes e margens de rios é algo previsto dentro das normas do novo código florestal Brasileiro. É perceptível que a aplicação da lei juntamente com a inscrição CAR (Cadastro Ambiental Rural) contribui para que a estrutura de uso e ocupação da terra melhorasse muitos aspectos ambientais, contudo a ausência carência de mecanismos de fiscalização ainda refletem negativamente a exploração dos recursos hídrico, especialmente as de fontes superficiais (nascentes, rios e riachos).

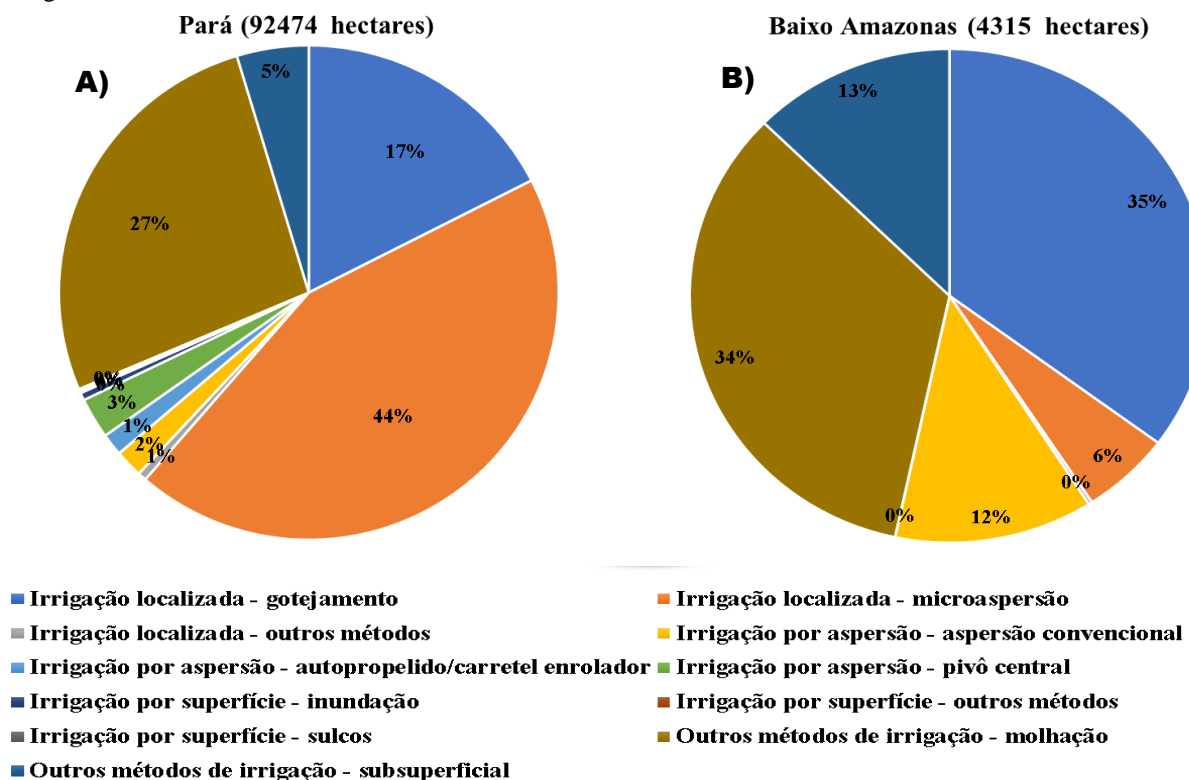
#### 4.4 Quanto a área irrigada

Conforme apresentado na figura 10, podemos observar que o método predominante no estado do Pará, é o de Microaspersão, que apresenta uma mudança positiva comparado ao ano de 2010 em que Souza et. al., observou que no referido estado a segunda maior parte da área irrigada é pelo método de Molhação, tal mudança pode ser atribuída pelo acesso a mais empresas que oferecem maior diversidade de produtos e serviços e as melhorias na assistência técnica.

Outro aspecto que pode justificar o aumento da microaspersão no estado, são as ampliações dos cinturões verdes, como das áreas irrigadas de açaí em terra firme.

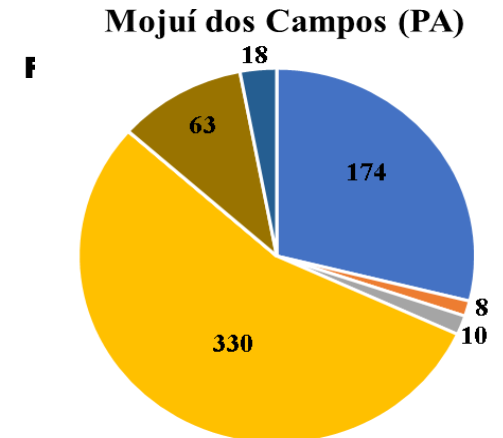
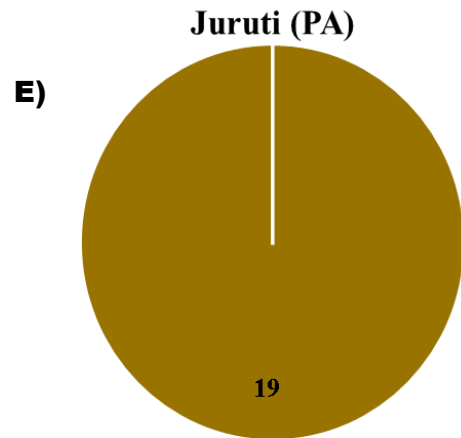
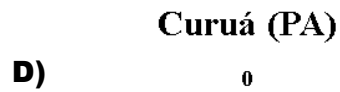
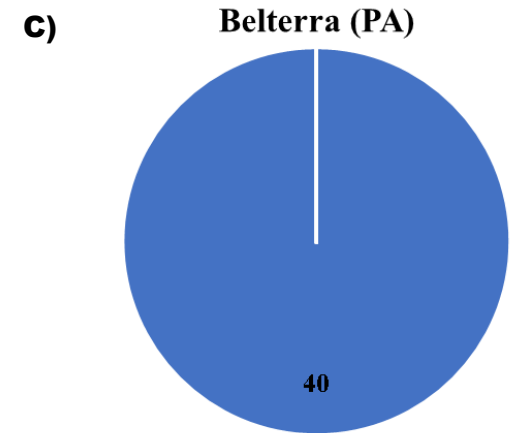
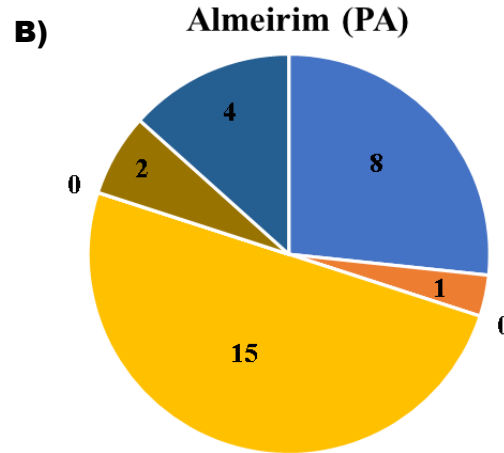
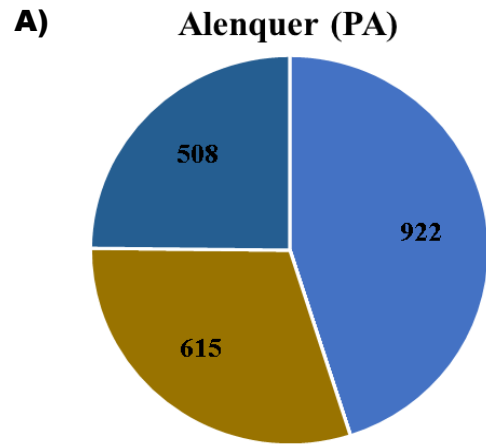
Em relação ao Baixo Amazonas apesar do avanço da disseminação de informações, ainda são encontrados poucos métodos de irrigação, podemos observar na figura 10 B, a predominância de irrigação Subsuperficial e de Molhamento, o que indica que a área irrigada ainda carece de tecnologias de manejo de irrigação, foram observadas também áreas irrigadas que utilizam os sistemas de irrigação por aspersão e microaspersão (Irrigação Localizada) o que é algo positivo pelo estímulo ao uso de métodos mais eficientes de aplicação.

**Figura 10** - Gráficos das áreas irrigadas (em ha), e seus respectivos métodos de irrigação no estado do Pará e na região do Baixo Amazonas.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

**Figura 11** - Gráficos das áreas irrigadas (em ha) e seus respectivos métodos de irrigação nas cidades de: Alenquer; Almeirim; Belterra; Curuá; Juruti e Mojuí dos Campos.



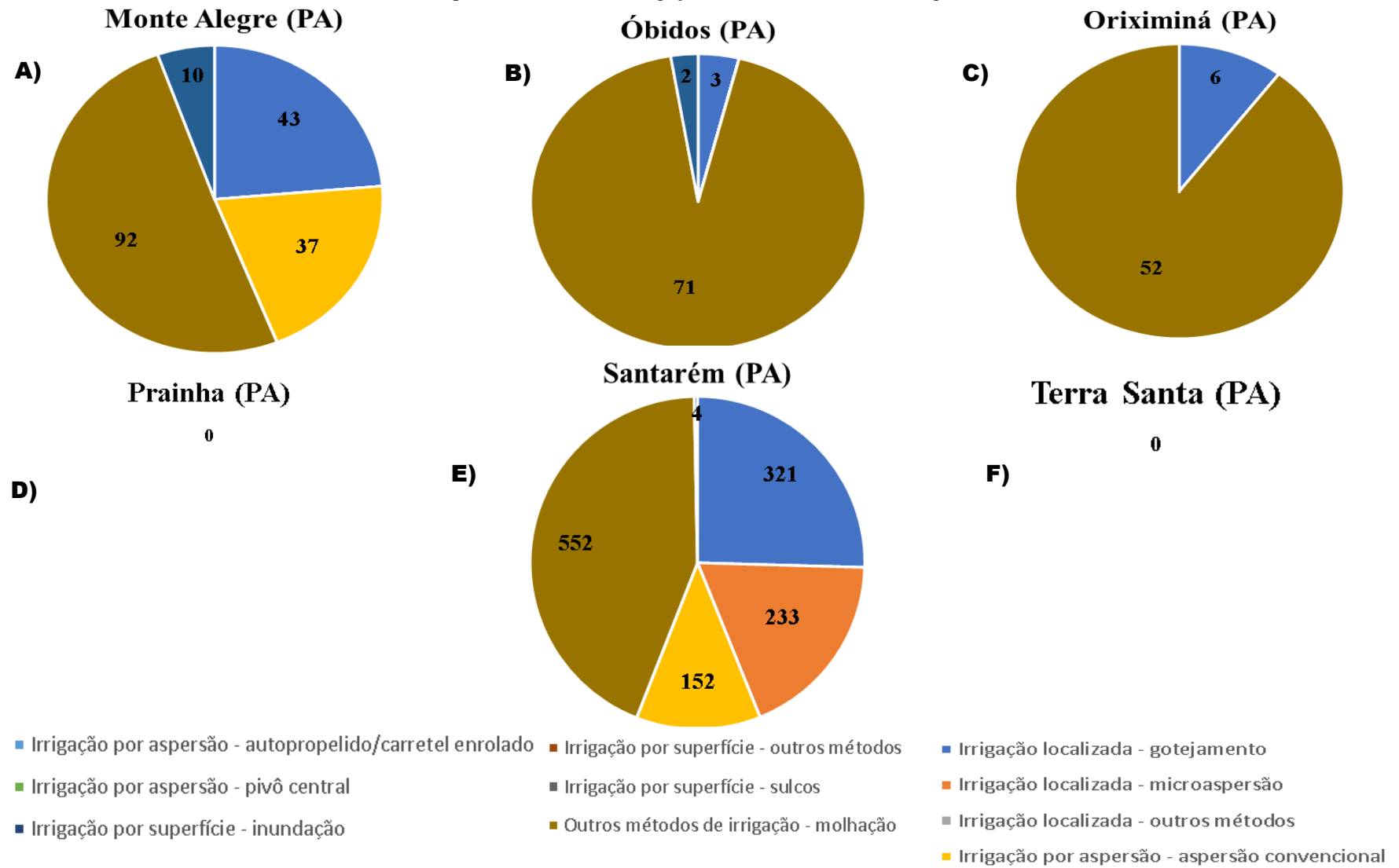
- Irrigação por aspersão - autopropelido/carretel enrolador
- Irrigação por aspersão - pivô central
- Irrigação por superfície - inundação

- Irrigação por superfície - outros métodos
- Irrigação por superfície - sulcos
- Outros métodos de irrigação - molhação

- Irrigação localizada - gotejamento
- Irrigação localizada - microaspersão
- Irrigação localizada - outros métodos
- Irrigação por aspersão - aspersão convencional

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

**Figura 12** - Gráficos das áreas irrigadas em ha. e seus respectivos métodos de irrigação nas cidades de: Monte Alegre; Óbidos; Oriximiná; Prainha; Santarém e Terra Santa.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

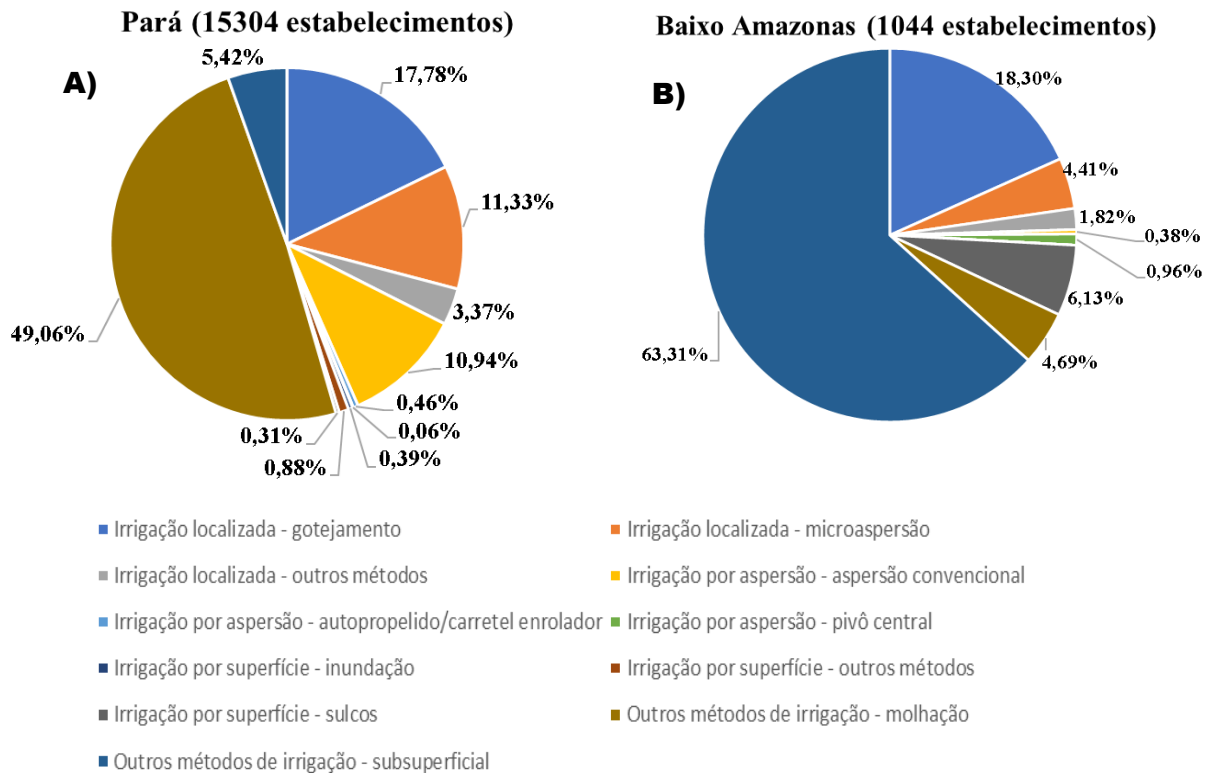
Na análise dos municípios do Baixo Amazonas, é possível observar que a maior parte das áreas irrigadas é feita por molhação, à exceção dos municípios de Alenquer, Almerim e Mojuí dos Campos. Nos municípios de Curuá, Prainha e Terra Santa não foram observadas áreas irrigadas que atingissem 1ha.

Em Mojuí dos Campos e Almerim o método de irrigação predominante em suas áreas irrigadas é o de aspersão com 330 e 15 ha respectivamente (Figura 11 B, F). Enquanto que em Alenquer o método predominante é o de Gotejamento (Irrigação localizada) como pode-se observar na figura 11 A.

#### 4.5 Quanto ao número de propriedades irrigadas

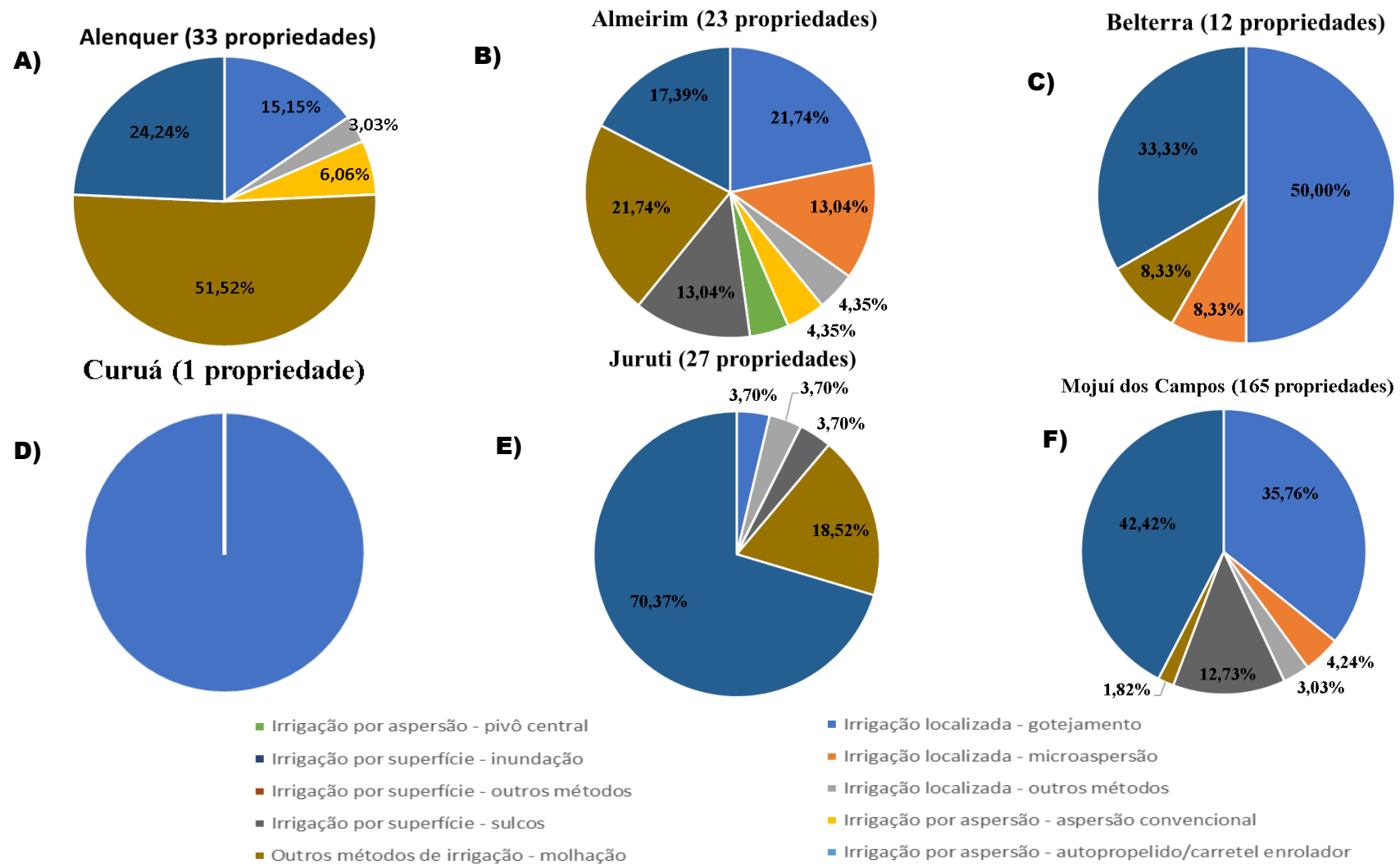
Como observado na figura 13, no estado do Pará ainda é predominante nas propriedades rurais o método de molhação, tendo em vista que a maior parte dos produtores se encontram distantes dos grandes centros urbanos, dificultando o acesso às ferramentas, materiais e mão de obra qualificada necessárias para implantação de sistemas de irrigação mais evoluídos. Em relação à região do baixo amazonas a predominância é do método de irrigação subsuperficial.

**Figura 13** - Gráficos dos percentuais de estabelecimentos, e seus respectivos métodos de irrigação no estado do Pará e na Região do Baixo Amazonas.



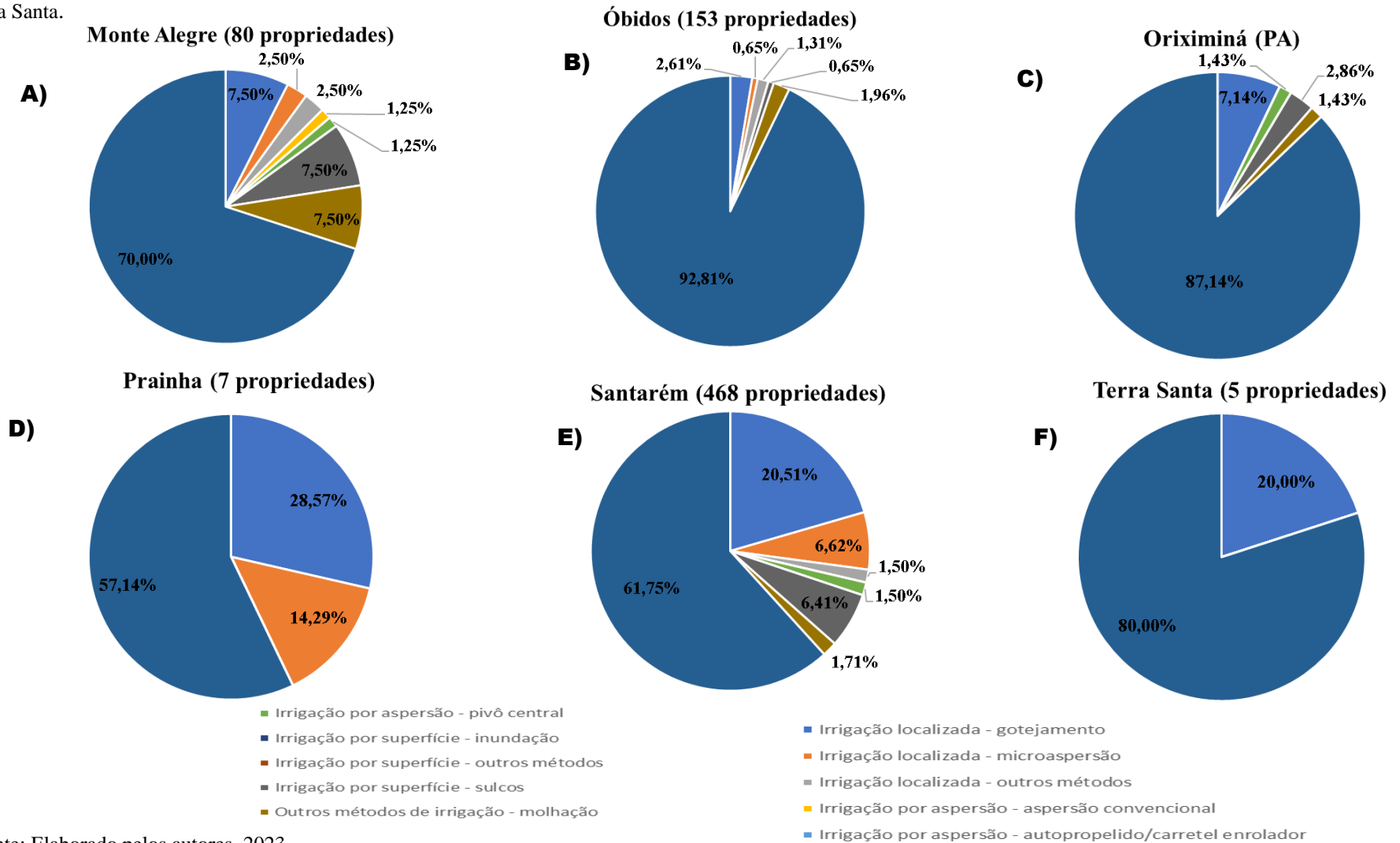
Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

**Figura 14** - Gráficos dos percentuais de estabelecimentos, e seus respectivos métodos de irrigação nas cidades de: Alenquer; Almerim; Mojuí; Belterra; Curuá e Juruti.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

**Figura 15** - Gráficos dos percentuais de estabelecimentos, e seus respectivos métodos de irrigação nas cidades de: Monte Alegre; Óbidos; Oriximiná; Prainha; Santarém; Terra Santa.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Quando analisarmos os quantitativos de propriedades que utilizam a irrigação no Baixo Amazonas, verificamos que Santarém, Mojuí dos Campos e Óbidos possuem o maior número de produtores irrigantes, em contraponto Curuá, Terra Santa e Prainha cujos valores observados foram de 1, 5 e 7 propriedades respectivamente, levando em consideração que para se enquadrar na pesquisa é necessário a propriedade dispor de no mínimo 1 ha para que seja contabilizada.

Alenquer e Almeirim ainda apresentam um expressivo número de propriedades que realizam molhação. Belterra já apresenta maior número de produtores (dentro de sua base amostral) que desenvolvem irrigação por aspersão.

A irrigação por inundação observada com predominância nas propriedades dos municípios de Juruti, Mojuí dos campos, Monte alegre, Óbidos, Oriximiná, Prainha, Santarém e Terra Santa pode ser atribuída à agricultura de várzea, muito presente na região do Baixo Amazonas, como também, práticas adotadas de culturas como arroz, juta e malva.

## CONCLUSÃO

Conclui-se que houve crescimento do método de irrigação localizada no estado do Pará, constatando-se que a região de integração do baixo Amazonas ainda apresenta uma área irrigada reduzida quando comparada às demais regiões paraenses, porém um crescimento de 315,25 % em relação ao censo agropecuário de 2006, sendo o método de irrigação mais utilizado nessa região a irrigação localizada (Gotejamento) ocupando 35% das áreas irrigadas, seguida por outros métodos de Irrigação (Molhação) que apesar de não se enquadrar como uma técnica aprimorada de irrigação, ocupa 34% das áreas irrigadas do Baixo Amazonas.

Observou-se também, que as fontes de captação de recurso hídrico em todo estado do Pará vem em grande parte dos rios e riachos protegidos por matas (também bastante utilizadas para atividades como a pesca) seguido de poços e cisternas, esse mesmo padrão pode ser observado no Baixo Amazonas.

No aspecto produtivo, a região de integração do Baixo Amazonas ainda apresenta dominância de lavouras temporárias e pecuária. Contudo, no contexto Paraense já há uma maior diversidade produtiva sendo observada, com destaque para a produção de lavouras permanentes e florestas. O crescimento da demanda por água exige a adoção de políticas públicas que regulem essa captação e para tanto é imprescindível que os municípios paraenses regularizem os produtores por meio do uso da outorga de água e a criação de comitês de bacias em regiões estratégicas.

## REFERÊNCIAS

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Agricultura irrigada**: estudo técnico preliminar. Brasília, DF, 2004, 107p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/168474/1/Agricultura-Irigada.pdf>. Acesso em: 10 out 2022.

CHRISTOFIDIS, D. Os recursos hídricos e a prática da irrigação no Brasil e no mundo. **Revista de política agrícola**, Brasília, n. 49, p.8-13, 2001. Disponível em: <https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/286>. Acesso em 14 out 2022.

CHRISTOFIDIS, D. **Água, irrigação e segurança alimentar**. Brasília: Ministério da Integração, 2008. 13p. Disponível em: <https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/viewFile/286/247>. Acesso em: 17 out 2022.

COSTA FILHA, C. L. **Avaliação da potencialidade das terras para determinação de zonas agroecológicas, no município de Igarapé-Açu, Pará**. 2005. 118 f. Dissertação. Faculdade de Agronomia – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2005. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/58235/1/Ok-Dissertacao-Clotilde-Leal-Costa-Filha.pdf>. Acesso em: 19 Out 2022.

CARVALHO, J. A. **Condução, elevação e condução de água**. Lavras: UFLA, 2004. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/41374/1/TA%2041%20-%20Capta%C3%A7%C3%A3o%2C%20eleva%C3%A7%C3%A3o%20e%20condu%C3%A7%C3%A3o%20de%20%C3%A1gua.pdf>. Acesso em: 23 out 2022.

CARVALHO, A. T. F. Bacia hidrográfica como unidade de planejamento: discussão sobre os impactos da produção social na gestão de recursos hídricos no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente–SP. v. 1, n. 42, p. 140-161, 2020. ISSN: 2176-5774. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/6953>. Acesso em: 26 out 2022.

CUNHA, Paulo C. R. *et al.* **Manejo da irrigação no feijoeiro cultivado em plantio direto**. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/LjL3PzZ3vN4wvKhvZNNWGKk/?lang=pt> . Acesso em 07 dez. 2022.

GASPAR, Márcia Tereza Pantoja. **Hidrologia geral**. Coordenação de águas subterrâneas – COSUB. Superintendência de implementação de programas e projetos. Disponível em: <https://progestao.ana.gov.br/destaque-superior/eventos/oficinas-de-intercambio-1/aguas-subterraneas-1/oficina-aguas-subterraneas-vitoria-es-2019/oficina-progestao-es-palestra-3-ana-cosub-hidrogeologia-geral.pdf>. Acesso em: 25 out 2022.

GASPAR, Márcia Tereza Pantoja. **Hidrogeologia Geral Coordenação de Águas Subterrâneas**. COSUB - Coordenação de Águas Subterrâneas Superintendência de Implementação de Programas e Projetos. Disponível em: <https://progestao.ana.gov.br/destaque-superior/eventos/oficinas-de-intercambio-1/aguas-subterraneas-1/oficina-aguas-subterraneas-vitoria-es-2019/oficina-progestao-es-palestra-3-ana-cosub-hidrogeologia-geral.pdf>. Acesso em: 08 nov 2022.

GIRÃO, A. R.; DUTRA, I; SOUZA, F. Área irrigada e métodos de irrigação no Estado do Ceará segundo o Censo Agropecuário 1996. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 161-165, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/J3DnFSgDz684MHvTJyjJn3c/?lang=pt>. Acesso em: 30 out 2022.

GIRÃO, Adalberto R.; DUTRA, Indalécio.; SOUZA, Francisco de. **Área irrigada e métodos de irrigação no Estado do Ceará**. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/J3DnFSgDz684MHvTJyjJn3c/?lang=pt>. Acesso em: 03 nov 2022.

GOMES, Layan Soares. **Avaliação da eficiência de cisternas utilizadas no P1MC frente aos diferentes regimes pluviais do Rio Grande do Norte**. 2017. 17 f.: Artigo científico (graduação). Natal-RN: UFRN. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/40427/2/avalia%20a7%20a3o-efici%20ancia-cisternas-Gomes-Artigo.pdf>. Acesso em: 01 nov 2022.

GUIMARÃES; L. C. S. **Saneamento básico**. Apostila IT 179, ago. 2007. Disponível em <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/Apostila%20IT%20179/Cap%201.pdf>. Acesso em: 15 jul 2022.

HOMMA, A.K.O. *et al.* **Custo Operacional de açazeiro irrigado com micro aspersão no município de Tomé-Açu**. Comunicado Técnico, n. 219, jun. 2009. Belém-PA: EMBRAPA-CPATU. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1016681/custo-operacional-de-acaizeiro-irrigado-com-microaspersao-no-municipio-de-tome-acu-para>. Acesso em: 05 nov 2022.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário 1996**. Rio de Janeiro, 1998. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 01 mai. 2021.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2006**. Rio de Janeiro, 2009. 777p. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9827-censo-agropecuaria.html?=&t=destaques>. Acesso em: 06 mai 2021.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário 2017**. Rio de Janeiro, 2018 Disponível em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/50/agro\\_2006\\_agricultura\\_familiar.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/50/agro_2006_agricultura_familiar.pdf). Acesso em: 15 maio 2021.

LACERDA, N.B.; OLIVEIRA, T.S. Agricultura irrigada e a qualidade de vida dos agricultores em perímetros do Estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 38, n. 2, p. 216-223, 2007. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/1953/195317449015.pdf>. Acesso em: 23 mai 2021.

LOIOLA, M. L.; SOUZA, F. Estatísticas sobre irrigação no Brasil segundo o Censo Agropecuário 1996. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 171-180, 2001. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/GJmrb7CzYVqWWp6nzMf68LF/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 25 mai 2021.

LUZ, R. V. S. *et al.* Simulação hidráulica e avaliação do desempenho técnico de sistemas de irrigação no Nordeste Paraense. In: **Workshop internacional de inovações tecnológicas na irrigação**, 2., 2010, Fortaleza, Anais. Fortaleza: Inovagri, 2010. Fortaleza, 2010. Disponível em:

LONGATO, V. C.B. **Secretaria executiva dos comitês - PCJ** Piracicaba/2021. Disponível em: <https://sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents//CBH-PCJ/21885/plano-de-capitacao-dos-comites-pcj.pdf>. Acesso em: 28 jan 2023.

MANTOVANI, E. C. **Irrigação: princípios e métodos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2009. Disponível em: [www.editoraufv.com.br](http://www.editoraufv.com.br). Acesso em: 27 maio 2021.

NICOLI, C.M.L. Nordeste Paraense: **análise econômica**. Documento n. 276. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2006. 59p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/409958/sistemas-de-producao-de-feijao-caupi-e-mandioca-na-mesorregiao-nordeste-paraense-analise-economica>. Acesso em: 27 maio 2021.

CARVALHO, L.G; RIOS, G.F.A; MIRANDA, W.L; NETO, P.C. **Evapotranspiração de referência: uma abordagem atual de diferentes métodos de estimativa** Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pat/a/w3wxhsgqVK67LPMhPjNq/?lang=pt> Acesso em 28 jan 2023.

SOUZA, RODRIGO.O.R.M; PANTOJA, A.V; **Cenário da agricultura irrigada no Estado do Pará** Disponível em: <https://docplayer.com.br/35880804-Cenario-da-agricultura-irrigada-no-estado-do-para-1-resumo.html>. Acesso em: 27 maio 2021.

BERNARDO, S. *et al.* **Manual de Irrigação** – 9. ed. Atual. Ampl. – Viçosa, MG : Ed. UFV, 2019.

OLIVEIRA NETO, A. F. **O papel das nascentes no abastecimento de populações rurais difusas na Mata Pernambucana**. Recife: UFP. 2013. 153 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, 2013. Disponível em: [https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/12139/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Ant%C3%B4nio%20Ferreira\\_vers%C3%A3o%20digital\\_FINAL.pdf](https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/12139/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Ant%C3%B4nio%20Ferreira_vers%C3%A3o%20digital_FINAL.pdf). Acesso em: 13 nov 2022.

PAULINO, J.; FOLEGATTI, M.V.; ZOLIN, C.A.; SÁNCHEZ-ROMÁN, R.M.; VIEIRA JOSÉ, J. Situação da agricultura irrigada no Brasil de acordo com o **Censo Agropecuário** de 2006. Irriga, Botucatu, v. 16, n. 2, p. 163-176, 2011. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/907251/1/2011AP16.pdf>. Acesso em: 09 jun 2021

PAZ, V. P. DA S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F.C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/FWpZyJgJyVwnxN8v4rbq9c/?lang=pt>. Acesso em: 01 dez. 2022.

PINHEIRO, J. C. V.; AMARAL, C.R.; CARVALHO, R.M. Análise da viabilidade socioambiental da fruticultura irrigada no Baixo Jaguaribe, Ceará. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 3-17, 2010. Disponível em: <http://www.spell.org.br/documentos/ver/1342/analise-da-viabilidade-socio-ambiental-da-fruti->. Acesso em: 20 jun 2021.

SANTOS, D. M.; VIANA, W.J.R. **Estudo de caso:** Utilização de poços artesianos como fonte de abastecimento, para construção de casas unifamiliares de alto padrão, em condomínios horizontais. Disponível em: <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream/123456789/3498/1/5.%20TCC%20%20COM%20TERMOS%20DE%20AUTORIZA%c3%87%c3%83O%20PARA%20PUBLICA%c3%87%c3%83O%20DANSKY%20E%20WASHINGTON.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2022.

SETTI, A. A. *et al.* **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. 2. ed. Brasília: ANEEL- Agência Nacional de Energia Elétrica, 2001. 207 p. Disponível em: [https://lamorh.ufes.br/sites/lamorh.ufes.br/files/field/anexo/introducao\\_ao\\_gerenciamento\\_de\\_reursos\\_hidricos.pdf](https://lamorh.ufes.br/sites/lamorh.ufes.br/files/field/anexo/introducao_ao_gerenciamento_de_reursos_hidricos.pdf). Acesso em: 19 mai 2021.

SILVA, A. F. **Apresentação do projeto hidráulico e dos cálculos para seleção de bomba para o sistema de abastecimento de água do futuro galpão das engenharias da UFRJ - Campus Macaé através de poço semi artesiano proposto**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Rio de Janeiro: UFRJ, 2016. 65 f. Disponível em: <http://engenharias.macaee.ufrj.br/index.php/tcc/11-tcc/2016/15-amanda-fontes-da-silva>. Acesso em: 08 dez. 2022.

SOUZA, R. O. R. M. *et al.* **Cenário da agricultura irrigada no Estado do Pará**. Irriga, Botucatu, v. 17, n. 2, p. 177 - 188, abr.-jun., 2012. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/230/269>. Acesso em: 07 abr 2022.

SMA - Secretaria de Estado do Meio Ambiente. **Caderno da mata ciliar**. Departamento de Proteção da Biodiversidade. - N 1 (2009) -São Paulo: SMA, 2009 v., n. 1. Reprodução de: Preservação e recuperação das nascentes de água e de vida. 2. ed. São Paulo: SMA, 2006. ISSN 1981-6235. Disponível em: [https://sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam3/Repositorio/222/Documentos/Cadernos\\_Mata\\_Ciliar\\_1\\_Preservacao\\_Nascentes.pdf](https://sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam3/Repositorio/222/Documentos/Cadernos_Mata_Ciliar_1_Preservacao_Nascentes.pdf). Acesso em: 21 out .2022.