

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**IMPACTO DA SEGURANÇA HÍDRICA NA PRODUTIVIDADE  
PARA A SUSTENTABILIDADE DA AGRICULTURA FAMILIAR  
E NA SEGURANÇA ALIMENTAR**

**Caroline Favaro Oliveira Valera**

**JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL**

**2023**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**IMPACTO DA SEGURANÇA HÍDRICA NA PRODUTIVIDADE  
PARA A SUSTENTABILIDADE DA AGRICULTURA FAMILIAR  
E NA SEGURANÇA ALIMENTAR**

**Caroline Favaro Oliveira Valera**

**Orientadora: Profa. Dra. Teresa Cristina Tarlé Pissarra**

**Coorientador: Prof. Dr. Luís Filipe Sanches Fernandes**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Ciência do Solo).

JABOTICABAL – SP

Março de 2023

V162i

Valera, Caroline Favaro Oliveira

Impacto da segurança hídrica na produtividade para a sustentabilidade da agricultura familiar e na segurança alimentar / Caroline Favaro Oliveira Valera. -- Jaboticabal, 2023  
81 f. : il., tabs., fotos, mapas

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),  
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal  
Orientadora: Teresa Cristina Tarlé Pissarra  
Coorientador: Luís Filipe Sanches Fernandes

1. Água. 2. Alimentos Segurança. 3. Produtividade. 4.  
Agricultura Familiar. 5. Sustentabilidade. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da  
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo  
autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

## **Impacto potencial desta pesquisa**

O presente trabalho analisa um modelo de projeto de suporte à agricultura familiar, nas dimensões água, alimento e educação, gerando aspectos positivos à sociedade, com impactos sociais e econômicos relevantes à agricultura familiar, onde por meio de suporte à agricultura familiar foi possível avaliar o impacto da segurança hídrica na segurança alimentar nos grupos estudados. Neste contexto, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS foram analisados, trazendo correlação direta do modelo implementado com os ODS: 1 – Erradicação da Pobreza; 2 – Fome Zero e Agricultura Sustentável; 5 – Igualdade de Gênero; 8 – Trabalho decente e crescimento econômico, 10 – Redução das desigualdades; 13 – Ação contra a mudança global do clima; e 17 – Parcerias.

O modelo estudado pode ser expandido a outros grupos familiares, respeitando às peculiaridades culturais socioprodutivas, com contribuições importantes ao bem estar e à qualidade de vida da coletividade, e ainda servir de base para políticas públicas de suporte à agricultura familiar.

## **Potential Impact of this Research**

The present work analyzes a project model to support family farming, in the dimensions of water, food, and education, generating positive aspects to society, with relevant social and economic impacts on family farming, supporting family farming it was possible to evaluate the impact of water security on food security in the groups studied. In this context, the Sustainable Development Goals - SDGs are analyzed, bringing direct correlation of the implemented model with the SDGs: 1 - Poverty Eradication; 2 - Zero Hunger and Sustainable Agriculture; 5 - Gender Equality; 8 - Decent Work and Economic Growth, 10 - Reduction of Inequalities; 13 - Action against Global Climate Change; and 17 - Partnerships.

The model studied can be expanded to other family groups, respecting the socio-productive cultural peculiarities, with important contributions to the welfare and quality of life of the community, and also serve as a basis for public policies to support family farming.



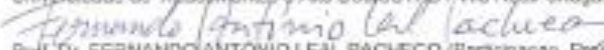
## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: IMPACTO DA SEGURANÇA HÍDRICA NA PRODUTIVIDADE PARA A SUSTENTABILIDADE DA AGRICULTURA FAMILIAR E NA SEGURANÇA ALIMENTAR

AUTORA: CAROLINE FÁVARO OLIVEIRA VALERA  
ORIENTADORA: TERESA CRISTINA TARLE PISSARRA  
COORIENTADOR: LUÍS FILIPE SANCHES FERNANDES

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em Agronomia (Ciência do Solo), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. LUÍS FILIPE SANCHES FERNANDES (Participação Virtual)  
Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro UTAD / Vila Real/Portugal

  
Prof. Dr. FERNANDO ANTONIO LEAL PACHECO (Participação Presencial)  
Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro-UTAD / Vila Real/Portugal

  
Prof. Dra. ADRIANA MONTEIRO DA COSTA (Participação Presencial)  
Departamento de Geografia / Instituto de Geociências - UFMG

  
Prof. Dr. ALEXANDRE BARCELLOS DAL RI (Participação Presencial)  
Departamento de Engenharia e Ciências Exatas DECEX / FCAV UNESP Jaboticabal

  
Prof. Dra. RENATA CRISTINA ARAÚJO COSTA (Participação Presencial)  
Universidade Guarulhos - UNG / Guarulhos/SP

Jaboticabal, 24 de março de 2023.

Aprovado por: Luís Filipe Sanches Fernandes  
Nº de Identificação: 808181082  
Data: 2023-03-25 12:28:16+0000

## DADOS CURRICULARES DO AUTOR

**CAROLINE FÁVARO OLIVEIRA VALERA** – Graduiu-se em Ciências Biológicas pelo Centro Universitário do Planalto de Araxá – 2006; cursou Pós-Graduação em Biotecnologia – Fundamentos Técnicos, Aplicações e Perspectivas na Universidade Federal de Lavras em 2009, MBA em Meio Ambiente na Fundação Getúlio Vargas em 2012 e Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Pitágoras em 2013. Em julho de 2019 concluiu mestrado em Ciências e Tecnologia Ambiental – Engenharia Ambiental na Universidade do Triângulo Mineiro, desde 2020 é doutoranda em Ciência do Solo – Engenharia Agrônoma – Unesp Jaboticabal SP.

É gestora socioambiental e atua em empresa de mineração e indústria de fertilizantes de grande porte há 18 anos, com experiência nas áreas de meio ambiente, licenciamento ambiental, direito minerário, gestão fundiária, gestão social e relacionamento com comunidades.

*“A satisfação que nosso trabalho nos proporciona é sinal que soubemos  
escolhê-lo”.*

*Clarice Lispector*

À minha família e ao universo!

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

À minha família e ao universo!

De forma especial, à família que Deus me presenteou, ao meu marido e companheiro de todas as horas, minha mãe que sempre me cuida, meus irmãos por estarem sempre ao meu lado deixando minha vida mais divertida, ao meu pai por me estimular a liberdade e aos meus amigos e colegas queridos que são a família ampliada que pude escolher para trilhar essa jornada.

A minha orientadora, Profa. Dr<sup>ª</sup>. Teresa Cristina Tarlé Pissarra, pelo apoio, incentivo e amizade, por ser fonte de inspiração feminina que me acolheu nesta missão e ao Prof. Dr. Luís Filipe Sanches Fernandes e ao Prof. Dr. Fernando António Leal Pacheco, vinculados à Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal, pela inspiração científica.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP – Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Jaboticabal.

Aos professores que constituíram a banca de qualificação e a defesa de tese, pelas orientações e correções preciosas ao meu trabalho e pela amizade concedida.

À Mosaic Fertilizantes, ao Instituto Mosaic e ao meu gestor Paulo Eduardo Batista Silva, por permitir e estimular meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Ao universo e toda espiritualidade, por me proporcionar muito além do que sonhei, e para que possa ampliar a projeção desse trabalho e contribuir para a melhoria da vida de muitas pessoas.

**MUITO OBRIGADA!**

## SUMÁRIO

RESUMO.....	x
SUMMARY .....	xi
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	4
2.1 Segurança Hídrica.....	4
2.2 Uso do solo.....	9
2.3 Segurança Alimentar: a fome no Brasil e no mundo .....	10
2.4 Desenvolvimento sustentável .....	13
2.5 Agricultura familiar e serviços ecossistêmicos.....	16
2.6 Uso de geotecnologias e estatística .....	18
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	19
3.1 Caracterização da Área de Estudo.....	19
3.2 Delimitação da Bacia Hidrográfica .....	25
3.3 O programa de assistência a agricultura familiar.....	28
3.4 Análise estatística - quadrados mínimos parciais - modelagem de caminhos.....	32
3.5 Preparação de conjuntos de dados para PLS .....	35
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
4.1 Incremento de produtividade e sustentabilidade da agricultura familiar .....	40
4.2 Análise PLS.....	48
4.3 Valoração do Modelo Estrutural .....	49
4.4 Análise de Coeficiente B e Estatística de Colinearidade .....	50
4.5 O modelo gerado.....	50
4.6 Outros benefícios do projeto .....	50
4.7 Segurança hídrica .....	55
4.8 Aspectos de ESG, Diversidade, Inclusão e outras considerações.....	56
5. CONCLUSÃO.....	59
6 REFERÊNCIAS.....	61

## IMPACTO DA SEGURANÇA HÍDRICA NA PRODUTIVIDADE PARA A SUSTENTABILIDADE DA AGRICULTURA FAMILIAR E NA SEGURANÇA ALIMENTAR

**RESUMO** – O uso de estratégias de suporte à agricultura familiar redução das desigualdades sociais, tem sido objeto de análise em cenários de desenvolvimento no planejamento e uso do solo que podem levar ao desenvolvimento sustentável em três dimensões: social, econômica e ambiental. Este trabalho teve como objetivo o impacto da segurança hídrica na segurança alimentar. Como objetivos específicos, analisar o impacto dos projetos de apoio a agricultura familiar: sistema de manejo, de armazenamento de água e de irrigação com foco na segurança hídrica para incremento da produtividade e sustentabilidade da agricultura familiar na região do MATOPIBA, marcada por desigualdades sociais; por meio de modelagem de quadrados mínimos parciais. Pode-se observar impacto positivo da segurança hídrica com incremento da produtividade nas propriedades avaliadas, resultando em maior segurança alimentar. Para a agricultura familiar, isso significa a melhoria do acesso e da utilização da água para o cultivo de alimentos (por meio de construção de cisternas, distribuição de kits de irrigação e prestação de assessoria técnica agrônoma) com potencial para ampliação da produtividade e conseqüentemente, das condições de vida. Quando considerado os cenários de desigualdade socioambiental e econômica, o planejamento participativo com proposição de práticas de manejo adequadas para além da propriedade individual, com foco no coletivo, pode resultar em maior sucesso nas estratégias de subsistência com importantes indicadores para as práticas de ESG (*Environmental, Social, Governance*), especialmente alinhado com os ODS (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável) contribuindo para a prosperidade da agricultura familiar e ampliar a qualidade de vida no campo.

**Palavras-chave:** 1. Segurança hídrica. 2. Segurança Alimentar. 3. Produtividade. 4. Agricultura Familiar. 5. Sustentabilidade. 6. ESG.

## **IMPACT OF WATER SECURITY ON PRODUCTION FOR THE SUSTAINABILITY OF FAMILY FARMING AND FOOD SECURITY**

**SUMMARY** – The use of strategies to support family farming to reduce social inequalities, has been the subject of analysis in development scenarios in planning and land use that can lead to sustainable development in three dimensions: social, economic and environmental. This work aimed at the impact of water security on food security. As specific objectives, to analyze the impact of family farming support projects: management system, water storage and irrigation focusing on water security to increase productivity and sustainability of family farming in the MATOPIBA region, marked by social inequalities; through partial least squares modeling. A positive impact of water security can be observed with increased productivity in the evaluated properties, resulting in greater food security. For family farmers, this means improved access to and use of water to grow food (through the construction of cisterns, distribution of irrigation kits, and provision of agronomic technical assistance) with the potential for increased productivity and, consequently, improved living conditions. When considering the scenarios of socio-environmental and economic inequality, participatory planning with proposition of appropriate management practices beyond the individual property, with a focus on the collective, can result in greater success in livelihood strategies with important indicators for ESG (Environmental, Social, Governance) practices, especially aligned with the SDGs (Sustainable Development Goals) contributing to the prosperity of family farming and expanding the quality of life in the countryside.

**Keywords:** 1. Water security. 2. Food security. 3. Productivity. 4. Family Farming. 5. Sustainability. 6. ESG.

## 1 INTRODUÇÃO

As vulnerabilidades sociais acentuam o potencial de insegurança hídrica e alimentar, nas populações hipossuficientes, especialmente relativas a agricultura familiar, reduzindo o potencial produtivo destas populações e pressionando o êxodo rural. Nas cidades, essas populações ficam à margem do desenvolvimento urbano, agravando a desigualdade social.

Estudos da temática do impacto da segurança hídrica na produtividade tornam-se relevantes, principalmente aqueles com o objetivo de contribuir, em termos científicos, para sucesso da agricultura familiar. Em um mundo em constante crescimento, quando em 2022 atingimos a marca de 8 bilhões de pessoas no planeta, as ações de estímulo à produção de alimentos e geração de renda tornam-se especialmente importantes para a sustentabilidade do planeta.

A sustentabilidade exige que se conciliem “três pilares” de desenvolvimento: crescimento econômico, justiça social e conservação do ambiente, e seu conceito foi definido em uma convenção política e social nascida no final dos anos 1980, que gerou o Relatório *Brundtland* intitulado “O Nosso Futuro Comum”, que culminou alguns anos mais tarde na Declaração do Rio sobre Ambiente e Desenvolvimento. O modelo de gestão sustentável do ambiente natural deve basear-se na compreensão de seu funcionamento, a partir da qual seja possível determinar os impactos que qualquer atividade humana possa ter sobre os sistemas naturais e tentar minimizá-los ao máximo (UNCED, 1992).

Embora haja esforços rumo aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, nos últimos anos o mundo não tem garantia de acesso a alimentos seguros, nutritivos e suficientes para todas as pessoas durante o ano, e não tem avançado na erradicação das formas de má nutrição. Em especial no Brasil, com a crise econômica e sanitária, muitas famílias foram levadas à situação de extrema pobreza, e a perda do poder de compra impactou diretamente o acesso destas pessoas aos alimentos não só em

quantidade, mas também em qualidade. Neste sentido a FAO – Organização das Nações Unidas para Alimentação e a Agricultura e Governo Brasileiro articula uma agenda para combate à fome e transformação dos sistemas agroalimentares (FAO, 2023).

Por outro lado, o insucesso da agricultura familiar está fortemente associado ao êxodo rural contemporâneo, especialmente no nordeste brasileiro, segundo FONSECA (2015):

“O êxodo rural se relaciona com a falta de incentivos financeiros por parte das organizações governamentais para o pequeno agricultor. O homem do campo por enfrentar inúmeras dificuldades acaba se deslocando para as grandes cidades, porém, nem sempre encontram melhores condições de sobrevivência. O êxodo rural além de promover o crescimento populacional desordenado das cidades, gera o desemprego e acaba com o sonho de muitos agricultores que saem em busca de melhores condições de vida.”

Ademais, a análise da segurança hídrica e o impacto desta na produtividade na atividade de agricultura familiar torna-se de fundamental importância, tratando-se, sem dúvida, de um tema de grande atualidade, constituindo-se como um dos aspectos prioritários da maior relevância no âmbito de uma política social, agrária e ambiental. Sua importância resulta do fato de o sucesso da agricultura familiar contribuir fortemente para a disponibilidade de alimentos em nível local e regional, para fixação da população rural, para a qualidade de vida destas famílias, redução da desigualdade social e incremento dos índices de desenvolvimento humano.

Este estudo visa analisar o impacto da segurança hídrica na produtividade para sustentabilidade da agricultura familiar em um estudo de caso realizado no nordeste brasileiro com vistas à segurança alimentar: por meio da modelagem de quadrados mínimos parciais (PLS – *Partial Least Squares Path Modeling*) que permite a estimativa de relações de causa e efeito complexas em modelos de trajetória com variáveis latentes.

Foi realizada a modelagem dos resultados da implementação do projeto de suporte a agricultura familiar com intervenções para segurança hídrica e práticas agronômicas em 60 pequenas propriedades rurais de agricultura familiar em dois municípios da região nordeste brasileira: Barreiras – Bahia e Balsas – Maranhão, por meio de assessoria técnico agrônômica e financeira com uso de técnicas de armazenamento e aproveitamento de águas pluviais da bacia hidrográfica do rio da Boa Sorte em Barreiras – Bahia e do rio Balsas II em Balsas - Maranhão. Estas propriedades fazem parte do projeto Village Brasil<sup>1</sup>, na dimensão água e alimentação, que apresenta como objetivo de longo prazo a melhoria do acesso e a utilização de água para o cultivo de alimentos, a ampliação da produtividade da agricultura familiar através da construção de cisternas, distribuição de kits de irrigação, entre outros.

Especificamente, neste trabalho analisaremos as mudanças ocorridas em ciclos produtivos de um ano com três grupos de 20 famílias abrangidos pelo projeto, dois grupos de 20 famílias em Barreiras – BA e o terceiro em Balsas – MA totalizando 60 famílias.

Os principais objetivos desta investigação foi verificar se a produtividade agrícola esta relacionada a disponibilidade hídrica, analisar o desenvolvimento do projeto – Village Brasil e verificar se o mesmo encontra-se alinhado com as práticas empresariais de responsabilidade social da Mosaic Fertilizantes<sup>2</sup>, por meio do Instituto Mosaic<sup>3</sup>, e verificar se a disponibilidade e gestão sustentável da água pode impactar a segurança alimentar, visando em curto prazo contribuir para a prosperidade da agricultura familiar e ampliação da qualidade de vida no campo até 2030.

---

**1 - Village Brasil:** é uma iniciativa global que nasceu na Índia e foi adaptada para a realidade brasileira pelo Instituto Mosaic e Mosaic Fertilizantes, com o objetivo de desenvolver comunidades vulneráveis, por meio de assistência técnica individualizada as famílias rurais em três dimensões: EDUCAÇÃO - AGRICULTURA - ÁGUA com foco em aumento de produção e geração de renda. No Brasil, é desenvolvido desde 2020 em Barreiras – BA e Balsas – MA.

**2 - Mosaic Fertilizantes:** uma das maiores empresas em produção e comercialização de fosfato e potássio combinados, atua na mineração, produção, importação, comercialização e distribuição de fertilizantes para aplicação em diversas culturas agrícolas, ingredientes para nutrição animal e especialidades no Brasil e no mundo.

**3 - Instituto Mosaic:** tem como objetivo promover o desenvolvimento mútuo e sustentável nas comunidades que se relacionam com a Mosaic Fertilizantes. Buscando o combate à desigualdade social e a criação de uma rede que promova o bem-estar, a educação de qualidade, a formação de pessoas e o fortalecimento de valores essenciais, como ética, colaboração e responsabilidade.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Segurança Hídrica

Para abordar a temática segurança hídrica, é essencial compreender o contexto e a gestão da bacia hidrográfica.

A bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água de precipitação que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída. A bacia hidrográfica compõe-se de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar em um leito único no seu exultório (Tucci, 1997). Sobre o território definido como bacia hidrográfica é que se desenvolvem as atividades humanas. Todas as áreas urbanas, industriais, agrícolas ou de preservação fazem parte de alguma bacia hidrográfica. Pode-se dizer que, no seu exultório, estarão representados todos os processos que fazem parte do seu sistema. O que ali ocorre é consequência das formas de ocupação do território e da utilização das águas que para ali convergem (PORTO, 2008).

Ações de controle de uso e preservação das áreas de captação são importantes para a proteção dos recursos hídricos. O melhor método é proteger a fonte, procedimento preferível ao tratamento da água contaminada de forma a tornar-se apta para consumo humano. A avaliação ambiental da bacia torna-se um importante instrumento que poderá contribuir não só para a avaliação da qualidade da água e o entendimento da dinâmica do sistema, mas também para a escolha de medidas de manejo e recuperação do ecossistema. Um dos grandes desafios na área de políticas públicas é harmonizar o desenvolvimento econômico/industrial com a preservação do meio ambiente, de forma que a exploração destes recursos não acarrete maiores danos aos ambientes e ao homem. Dessa forma, os recursos hídricos, principalmente os recursos hídricos destinados ao abastecimento público, devem ser integrados a um planejamento regional dentro do contexto holístico, unindo o conhecimento científico e a ação do poder público

para sua utilização e manutenção (MARQUES, 2007).

Em 2012, Bakker, definiu segurança hídrica como o nível aceitável de riscos relacionados a água para os seres humanos e os ecossistemas, associado à disponibilidade de água em quantidade e qualidade suficientes para apoiar os meios de subsistência, a segurança nacional, a saúde humana e os serviços ecossistêmicos, à época estimou que 80% da população mundial enfrentava um elevado nível de segurança hídrica ou de risco para a biodiversidade relacionado a água e indicou a necessidade de integração da investigação da segurança hídrica às políticas públicas, para mudanças substanciais na forma de financiar o acesso, na educação, nas pesquisas e incentivos acadêmicos para contribuições mais substanciais para enfrentamento da crise mundial da água, desde então tivemos pouco avanço.

A integração de disciplinas nos sistemas socioecológicos em vários níveis traz benefícios estratégicos para a gestão de bacias hidrográficas, sendo crítica para o sucesso e o fracasso da gestão de bacias hidrográficas na abordagem de diferentes dilemas ecológicos, sociais e económicos em locais geograficamente diversos. Embora tenham sido feitos progressos nas estratégias de gestão de bacias hidrográficas, existem ainda numerosas questões que impedem o sucesso da gestão; muitas delas podem ser remediadas através de abordagens de gestão holísticas e interdisciplinares para assegurar que as bacias hidrográficas continuem a servir as suas funções ecológicas, sociais e económicas (WANG et al. 2016).

As análises de segurança hídrica se apresentam desafiadoras, visto que os cenários de riscos e incertezas se intensificam ancorados num contexto de mudanças climáticas globais. O uso de indicadores e índices se apresentaram ferramentas úteis na mensuração da segurança hídrica trazendo informações sobre disponibilidade, demanda e qualidade, bem como, variáveis que indicam condições de acesso à mesma, representadas por dados econômicos e sociais. O conceito de segurança hídrica está vinculado aos termos de segurança nacional e segurança humana, disputando espaços de governança da água, ora focando na manutenção da vida humana e animal, ora nos usos múltiplos da água, com viés econômico com distribuição espacial desigual no aporte

a infraestrutura de abastecimento de água e coleta de esgoto, bem como as características socioeconômicas da população. É importante considerar a dimensão social na análise de risco de segurança hídrica, sendo as principais concepções desenvolvidas foram a de segurança coletiva; segurança comum; segurança cooperativa e segurança humana. Para compreensão dos riscos de acesso à água, considera-se que a dimensão social para maior atenção do poder público e das políticas públicas no que tange a relação segurança hídrica e população vulnerável (BARBOSA, 2022).

Para a OCDE - Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico – atingir a segurança hídrica requer manter aceitáveis quatro ameaças associadas à água: risco de armazenamento; risco de qualidade inadequada; risco relacionado ao excesso; risco de enfraquecer ou debilitar a resiliência dos sistemas de água doce. No Brasil, a ANA – Agência Nacional das Águas traz a importância dos sistemas de reservação artificiais para a segurança hídrica, com definições específicas relacionadas à segurança hídrica: 1 - Dimensão Humana: garantia de água para abastecimento humano; 2 - Dimensão Econômica: Garantia de água para irrigação e pecuária; Garantia de água para atividade industrial; 3 - Dimensão Ecológica: Quantidade de água adequada para usos naturais; Qualidade de água adequada para usos naturais; 4 - Dimensão Resiliência: Reservação artificial (ANA, 2019).

No Brasil, desde a década de 80 com o advento da Constituição Federal com destaque para a LEI Nº 9.433 que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, criando o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos que estabelece que a gestão hídrica no Brasil deve ser integrada e descentralizada com a participação do poder público, da sociedade civil e dos usuários de cada bacia. Nesse sentido, a política hídrica instituiu os Comitês de Bacia Hidrográfica, a fim de aproximar a tomada de decisão das comunidades locais. Contudo, estudos empíricos têm indicado que esse novo modelo de gestão é comprometido por interesses políticos, econômicos e por fragilidades administrativas (MESQUITA, 2018). Este contexto foi previsto por Wolkmer em 2013 que indicou a cidadania como eixo estruturante da governança democrática, o que implica em conhecimento e espaços efetivos de participação. Evidenciando a importância

de propor soluções mais abrangentes, num diálogo intercultural que construa alternativas a crise ambiental global.

O envolvimento dos cidadãos nas questões relacionadas com a gestão dos recursos hídricos é vital para garantir o abastecimento futuro de água e proteção das bacias hidrográficas: o conhecimento do contexto dos recursos hídricos e o engajamento em questões relacionadas com a água são elementos básicos para o planeamento, bem como para realizar as intervenções planejadas (DEAN, 2016). Neste cenário, tem crescido a percepção de que são necessários programas, processos e ações de desenvolvimento sustentável que envolvam a participação das comunidades e se utilizem de soluções compatíveis com as características econômicas e sociais peculiares dessa população. A implementação de estruturas descentralizadas de abastecimento de água, que promovam a democratização do acesso e sua apropriação pelas comunidades, é fundamental para o atendimento das famílias rurais de baixa renda, muitas vezes localizadas de forma dispersa no território (SANTANA, 2011).

Apesar de toda a abundância de água no Brasil, há locais no país onde ela é extremamente escassa ou inacessível. Na busca por alternativas para tornar possível a vida e a produção agropecuária, uma das mais difundidas tecnologias é a cisterna, que armazena a água captada de cursos hídricos ou até mesmo através dos telhados das casas para ser utilizada ao longo do ano. Essas construções já fazem parte da paisagem rural da região nordeste, e estão presente em grande número de domicílios. Com capacidade de armazenamento variável, de acordo com o tamanho, ela garante às famílias água potável para beber, cozinhar e também podendo ser utilizada para a produção de alimentos como frutas e hortaliças, ou para consumo animal.

O uso de cisternas no nordeste brasileiro tem inegável impacto na segurança hídrica em cenários de escassez hídrica (NOGUEIRA, 2017):

“a contribuição do Programa Um Milhão de Cisternas como estratégia de adaptação para diminuir o impacto da seca na população mais pobre do semiárido brasileiro. (...) Ao analisar o impacto da perspectiva de gênero presente no programa, bem

como das cisternas de captação de água de chuva no cotidiano das famílias, observa-se que políticas de acesso à água com enfoque de gênero resultam em melhores condições de saúde, renda e educação, também potencializando a capacidade adaptativa e contribuindo para diminuir a vulnerabilidade das populações mais frágeis.”

A transformação da segurança hídrica perpassa por assegurar o direito à água. Geralmente, os interessados na segurança hídrica estão muito mais preocupados com as necessidades das populações mais vulneráveis do mundo. A política da distribuição de água pode rapidamente cair no determinismo ambiental, levando a pobreza e a insegurança hídrica a serem vistas como o resultado do destino do local de nascimento, e não de um conjunto de relações sociais que podem ser transformadas. Apesar dos aparentes ganhos dos últimos anos na melhoria da segurança hídrica por meio de medidas tecnocráticas, as melhorias em um nível global escondem sérias questões sobre a sustentabilidade do fornecimento dessa água, assim como disparidades entre as diferentes regiões do globo. Tornando-se de suma importância reformular as questões de segurança hídrica de maneira que desafiem os argumentos despolitizados e ambientalmente deterministas como parte de um esforço mais amplo para compreender a coevolução mútua das socionaturezas (LOFTUS, 2021).

Em seus estudos, SILVA, 2020 conclui que:

“é possível pensar uma Segurança Hídrica Ecológica como sendo a disponibilização de água minimamente suficiente para toda forma de vida e que tenham padrão de qualidade compatível com seu uso, sendo envidados esforços no sentido de preservar as bacias hidrográficas, reconhecendo e quantificando os serviços ecossistêmicos, levando-se em consideração a resiliência dos aglomerados urbanos, a preservação de todos os elementos que tem relação direta com

o ciclo da água e, portanto, com a produção de água, cuidar para a diminuição da impermeabilização do solo, bem como adotando tecnologias para o uso racional de água na agricultura, sem a aplicação de agrotóxicos, e em todos os processos industriais, adotando equidade e a justiça ambiental como pilares e aplicando o reuso de modo que se possa manter o máximo de tempo possível a água no ciclo natural e no ciclo urbano”.

## **2.2 Uso do solo**

O solo é um recurso natural renovável que desempenha um papel fundamental no desenvolvimento da sociedade. É caracterizado como material mineral ou orgânico inconsolidado, que está presente na superfície terrestre, e apresenta em sua composição os nutrientes essenciais, os quais servem como meio natural no qual ocorre o surgimento, crescimento e o desenvolvimento de plantas, segundo condições específicas do ambiente (IBGE, 2017).

Cenários de incremento de uso do solo têm sido utilizado no planejamento de uso da terra visando a sustentabilidade dos sistemas produtivos econômicos, tais como os sistemas agroflorestais (Xiang et al., 2003).

A análise de cenários destacou-se em 1972, quando Meadows e colegas publicaram o livro *The Limits to Growth*, e apresentaram cenários selecionados para o consumo mundial de recursos naturais. Estes cenários de desenvolvimento de uso da terra utilizam padrões que podem ser desdobrados em planos, políticas e regulamentos específicos de uso do solo tendo 5 componentes relevantes: (1) alternativas e seleção de planos de uso da terra, considerando as políticas e legislação; (2) consequências, imediatas e efeitos cumulativos (físicos, ecológicos, econômicos e sociais) que cada alternativa teria sobre o futuro do desenvolvimento da terra em uma área; (3) causas, o causal vínculo entre as alternativas e consequências; (4) períodos de tempo - os períodos

de tempo entre a implementação das alternativas e o desdobramento, total ou parcial e de suas consequências; e (5) pegadas ecológicas (Xiang et al., 2003).

Práticas adequadas de manejo do solo impactam os meios socioeconômicos e ecológicos e o exame holístico da funcionalidade do solo que integre o conhecimento do solo à escala local e regional contribuem para equilibrar os ciclos de carbono e nutrientes evitando a aceleração da acidez do solo, perda de carbono do solo, biodiversidade e dependência excessiva de soluções tecnológicas ou insustentáveis. Isso torna mais forte o nexo entre investigação e prática, trazendo a importância de comunicar conhecimentos locais sobre os solos e ligar o público-alvo de forma significativa a iniciativas políticas e informação sobre os solos que aumentem a sua capacidade de gerir o solo de forma sustentável (LISA et al 2022).

A degradação e a deterioração da fertilidade do solo são duas das principais causas de estagnação e declínio da produção agrícola em muitas partes do mundo. A agricultura sem manejo adequado pode ser destrutiva para a saúde do solo e acelerar a perda do solo ao aumentando suas taxas de mineralização e erosão. A agricultura de conservação, um sistema que evita ou minimiza a perturbação mecânica do solo (plantio direto) combinada com a cobertura do solo e a diversificação das culturas, é considerada uma abordagem agroecológica sustentável à produção agrícola que conserva os recursos (SIMS, 2018).

### **2.3 Segurança Alimentar: a fome no Brasil e no mundo**

O Brasil tem uma vasta extensão territorial, sendo o maior país da América do Sul e da região da América Latina. A nível mundial, o país é o quinto maior em área territorial (equivalente a 47% do território sul-americano) e em população, com mais de 212 milhões de habitantes. A experiência da fome (insegurança alimentar grave) esteve presente em 9% dos domicílios no final de 2020, o equivalente a 19 milhões de brasileiros. Essa proporção é mais que dobro observado em 2009, e representa uma volta ao nível

observado em 2004. Nos domicílios identificados com insegurança alimentar leve, esse percentual foi de 20,5%. Já nos domicílios em insegurança alimentar moderada, o percentual foi de 22,5% e nos domicílios em insegurança alimentar grave, chega a 23,4%. Isso mostra que, o Brasil passa por dois grandes desafios. Além da fome, o aumento do desemprego e a queda da renda também levaram a uma queda na qualidade da alimentação dos brasileiros que estão abaixo da linha da pobreza (FAO, 2023).

No contexto da crise sanitária, com mais de 645.000 mortos por Covid-19 no Brasil, aliada à crise econômica, acentuaram-se as desigualdades sociais que aprofundaram o cenário de fome no país. O cenário pandêmico se tornou um momento singular para que a nossa sociedade possa repensar o direito global ao acesso a alimentos saudáveis e sobre qual modelo de agricultura se espera fomentar. A agricultura agroecológica é um modelo viável e necessário para a produção digna e consciente de alimentos, fornecendo mecanismos para a promoção da Soberania e Segurança Alimentar e Nutricional, através da democratização ao acesso a alimentos saudáveis e sem agrotóxicos (LÖSCH, 2022).

A fome na perspectiva da interseccionalidade é ainda mais cruel. A insegurança alimentar nos domicílios chefiados por mulheres negras, mesmo em condições socioeconomicamente favoráveis, revela-se como uma das consequências da interação estrutural do racismo e do sexismo. Domicílios chefiados por mulheres negras apresentaram maior chance de insegurança alimentar leve e moderada ou grave em relação aos domicílios chefiados por homens brancos, além de maior chance de insegurança alimentar moderada ou grave em todos os níveis de escolaridade e nas faixas de até 1/2 salário mínimo e > 1 salário mínimo (SILVA, 2022).

O relatório do Estado da Segurança Alimentar e Nutrição no Mundo 2022, lançado pela ONU em 2022, aponta que o número de pessoas afetadas pela fome em todo o mundo subiu para 828 milhões em 2021, uma alta de cerca de 46 milhões desde 2020 e 150 milhões desde o início da pandemia de Covid-19. De acordo com os dados apresentados, a proporção de pessoas afetadas pela fome vinha praticamente inalterada desde 2015, próxima de 8% da população global. Com a crise de saúde e a guerra na Ucrânia, o número saltou nos últimos anos e agora já afeta 9,8% das pessoas no mundo.

Além da parcela da população que sofre com a fome, outras cerca de 2,3 bilhões de pessoas no mundo, ou 29,3% da população global, estavam em insegurança alimentar moderada ou grave em 2021. O valor é de 350 milhões a mais em comparação com antes do surto da pandemia de Covid-19. Os resultados do relatório também apontam que quase 924 milhões de pessoas, ou 11,7% da população global, enfrentaram insegurança alimentar em níveis graves, um aumento de 207 milhões em dois anos. As projeções do relatório são de que cerca de 670 milhões de pessoas, 8% da população mundial, ainda enfrentarão fome em 2030 mesmo que uma recuperação econômica global seja levada em consideração. O número volta aos patamares de 2015, quando a meta de acabar com a fome, a insegurança alimentar e a desnutrição até o final desta década foi lançada na Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. O relatório traz os principais fatores de insegurança alimentar e desnutrição: conflitos, extremos climáticos e choques econômicos, combinados com crescentes desigualdades. Cabe destacar, que no Brasil desde 2006, existe a Lei Federal 11.346/2006 “Cria o Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional – SISAN com vistas em assegurar o direito humano à alimentação adequada e dá outras providências” a qual, no seu artigo 2º normatiza que a alimentação adequada é direito fundamental, devendo o poder público adotar as ações necessárias para sua garantia.

Em 2023, a “The Nature Conservancy”, importante organização da sociedade civil organizada, afirma que a produção de alimentos alterou nosso planeta mais do que qualquer outra atividade humana. sendo responsável por 24% das emissões de efeito estufa e 70% do uso total de água doce; e talvez a maior causa da perda da biodiversidade. A produção de alimentos também é a causa de 80% da perda global de habitat, uma tendência que está acelerando. Além disso, cita que a ONU espera um aumento de 50% na demanda total de alimentos e de 73% na demanda por proteína animal até 2050, quando a população global estimada será de quase 10 bilhões e a renda global o triplo do que é hoje.

Tendo em vista a perspectiva de agravamento do cenário de insegurança alimentar, políticas públicas voltadas para a garantia do direito humano à alimentação adequada

devem ser aprimoradas e implementadas para as populações em contextos de pobreza, com o objetivo de proporcionar segurança alimentar (PEREIRA, 2020). Nesta perspectiva o fortalecimento da produtividade da agricultura familiar pode assumir protagonismo contribuindo para a produtividade e acesso ao alimento de qualidade.

## **2.4 Desenvolvimento sustentável**

O desenvolvimento sustentável é um conceito que se revela complexo e envolve a integração de três dimensões (econômica, ambiental e social). Considerando que os sistemas produtivos são alimentados por fluxos de entradas e saídas, foram criadas outras metodologias associadas à medição de sustentabilidade tais como o *Ecological Footprint* ou pegada ecológica. A Pegada Ecológica é uma ferramenta de medição de desenvolvimento sustentável de fácil entendimento e consiste no cálculo da área necessária para garantir, indefinidamente, a sobrevivência de uma determinada população ou sistema econômico, fornecendo energia e recursos naturais, além de assegurar a capacidade de absorver os resíduos ou dejetos produzidos por tal sistema, fundamentada no conceito de capacidade de carga, também chamado de biocapacidade, onde a carga é de responsabilidade não somente da população humana, mas também da distribuição per capita de seu consumo. Dessa forma, a pressão efetuada sobre o meio ambiente cresce proporcionalmente mais rápido do que o crescimento populacional (DOS SANTOS, et al 2008).

Para antecipação do futuro, considerando um contexto socioeconômico e suas incertezas, torna-se importante envolver as partes interessadas em um Planejamento de Cenário Participativo (PSP) interativo exemplar para co-criar cenários salientes, confiáveis e legítimos (DOS SANTOS, 2008). No que concerne à agricultura familiar, avaliando o desenvolvimento local sustentável no contexto de um “novo mundo rural” é utópico quando refletimos sobre a ideia de que muitos agricultores familiares são privados até mesmo das condições dignas de sobrevivência. Assim, a estruturação de

políticas públicas que considerem a agricultura familiar como parte da modernização da agricultura brasileira é vital, visto que esta atualmente é repleta de desigualdade e privilégios (BALSAN, 2006).

A eficiência da produção agrícola e pecuária e as suas implicações para a produtividade de forma sustentável no ambiente ecológico foi destacada nos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 da ONU – Organização das Nações Unidas, relacionados com a agricultura sustentável (ODS 2) e a proteção e utilização sustentável dos ecossistemas terrestres (ODS 15). Num cenário socioeconômico de intensa utilização do solo, em que a utilização atual não satisfaz a adequação da paisagem natural, é necessário reduzir a deterioração ambiental da terra com ações sistemáticas para proteger os ecossistemas naturais sem comprometer a capacidade de produção e a subsistência (DE MENDONÇA et al, 2022).

Considerando os princípios de investimento responsável, ao longo da última década, surgiram várias redes de investidores que apoiam as instituições financeiras no envolvimento com os seus investidores para abordar questões Ambientais, Sociais e de Governança (ESG) associadas à produção alimentar e animal. Neste contexto, a prevalência das práticas de investimento dos ESG cresce, numerosas preocupações ambientais, sociais e éticas apresentando assim oportunidades para compreender que novos esforços de gestão de impacto e talvez para contestar as formas de negligência geradas pelos processos produtivos (BRICE et al 2022).

No que concerne ao envolvimento organizacional com os ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis propostos pela ONU na Agenda 2030, diretivos para a responsabilidade social empresarial, tem atraído muito interesse dos meios de comunicação social e aumentado as expectativas. No entanto, existe uma falta de trabalho empírico que garantam o real compromisso com a iniciativa, com riscos para um envolvimento superficial com os ODS para a grande maioria das organizações, o que sugere um processo de "lavagem dos ODS" onde ainda que os números indiquem progressos o planeta não perceberá a progressão (HERAS-SAIZARBITORIA, 2022).

MACIEL (2022) cita a ligação direta entre o crescimento econômico no Brasil com

a agricultura familiar, pois produzem alimentos para a sua própria subsistência, alimentam a população urbana, geram empregos, divisas, e constituem fonte de renda para os agricultores de baixo nível de escolaridade, promovendo assim o desenvolvimento da economia rural.

Neste contexto, também cabe avaliar o papel dos mercados de crédito de carbono agrícola como um potencial motor de receitas agrícolas e de mitigação das alterações climáticas. A investigação existente sobre práticas de gestão agrícola sugere que as mudanças práticas têm o potencial de sequestrar o carbono nos solos, embora subsistam algumas incertezas. O sistema alimentar global é responsável por aproximadamente 30% das emissões anuais de GEE. Entretanto, o potencial de sequestro de carbono do solo como estratégia de mitigação das alterações climáticas está intimamente ligado às práticas de gestão agrícola. As práticas que incluem rotações de culturas e culturas de cobertura, plantio direto e reduzido, irrigação, utilização de estrume, e escolhas de manejo podem ter uma forte influência nas reservas de carbono do solo. As culturas de cobertura e as rotações diversificadas têm geralmente o maior potencial para aumentar as entradas de carbono no solo e, portanto, os níveis de carbono orgânico do solo. Para o futuro é importante considerar estratégias para ajudar na inclusão dos pequenos agricultores no mercado de crédito de carbono e seus benefícios associados ao bom manejo da propriedade (CHUTE, 2022).

## 2.5 Agricultura familiar e serviços ecossistêmicos

A adaptação nos sistemas de agricultura de subsistência é uma estratégia importante para reduzir os danos relacionados com as alterações climáticas e para proteger os meios de subsistência nos países em desenvolvimento. As redes rurais, de apoio institucional a nível agrícola auxilia na gestão de lacunas estruturais existentes para a adaptação às alterações climáticas no setor agrícola, a falta de informação, finanças e recursos são as principais restrições de adaptação, por outro lado o trabalho em rede das partes interessadas através de diferentes tipos de parcerias resulta em uma melhor adaptação às alterações climáticas (ABID et al. 2017). De acordo com o CENSO Agropecuário 2017 a agricultura familiar no Brasil representa 77% dos estabelecimentos agropecuários, representando cerca de 3,9 milhões de estabelecimentos no país e empregando 67% das pessoas que trabalham na agropecuária, totalizando cerca de 10,1 milhões de pessoas o que equivale a 23% de toda a produção agropecuária brasileira, correspondendo a ocupação de 23% da área de todos os estabelecimentos agropecuários do país, sendo responsáveis por 80% da produção total de mandioca, 42% do feijão, 31% do rebanho bovino, 88,1% da produção de leite e 38% da produção de feijão.

A importância da agricultura familiar está na capacidade de promover a segurança alimentar, a geração de emprego e renda, a mitigação da pobreza, a conservação da biodiversidade e a preservação das tradições culturais. Nesse sentido podendo ser definido como uma forma de vida. Cerca de 80% da produção mundial de alimentos provem da agricultura familiar, sendo responsável por uma ocupação de 85% das terras cultivadas da Ásia, 83% das Américas do Norte e Central, 68% do continente Europeu, 62% da África e 18% da América do Sul. Ainda é possível destacar que no Brasil mais de 80% das explorações agrícolas são do tipo familiar, e, esse cenário brasileiro, agriculturas e agricultura familiar no Brasil. permite que o país se destaque como a 8ª maior produtora de alimentos no mundo nesse segmento (SEAD, 2018).

Indo além da propriedade individual e avaliando o impacto da coletividade no que

concerne aos efeitos das redes sobre a tomada de decisões dos agricultores com diferentes laços (fortes e fracos) nas comunidades que partilham, um exemplo disso é a adoção de sistemas rotativos em pastagens que afetam as características da paisagem social, incluindo o número de agregados familiares leiteiros, a probabilidade de os agricultores vizinhos partilharem laços fortes, e o papel do espaço na forma como as redes são formadas. Caminhos para uma maior multifuncionalidade na paisagem estão relacionados ao associativismo que ampliam o determinado impacto na paisagem regional (MANSON et al 2016).

No mundo moderno, a utopia de paisagens equilibradas exige o estabelecimento de trade-offs entre a manutenção dos serviços ecossistêmicos e o desenvolvimento socioeconómico. No território brasileiro, a competição entre conservação da vegetação nativa e atividades agroindustriais tem causado desflorestação. Frequentemente, a concorrência evolui para graves conflitos de uso do solo, porque a expansão das áreas produtivas reduz a capacidade do sistema para conservar serviços vitais, nomeadamente os relacionados com os recursos hídricos nas bacias hidrográficas. A manutenção dos benefícios ecossistêmicos no centro da produtividade agrícola acaba por divergir consideravelmente entre as esferas económica e conservacionista (PARRAS, 2020).

A agricultura de conservação altera as propriedades e processos do solo em comparação com a agricultura convencional. Estas mudanças podem trazer a prestação de serviços ecossistêmicos, incluindo a regulação climática através do sequestro de carbono e das emissões de gases com efeito de estufa, e a regulação e fornecimento de água através das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. A viabilidade da agricultura de conservação em diferentes condições agroecológicas e socioeconômicas é fundamental para a recuperação de solos degradados e o aumento do rendimento das culturas de baixa produtividade, especialmente nos sistemas agrícolas de pequenos agricultores nas regiões dos trópicos e subtropicais (PALM, 2014).

## 2.6 Uso de geotecnologias e estatística

O geoprocessamento é definido como um conjunto de tecnologias voltadas a coleta e tratamento de informações espaciais para um objetivo específico, sendo que as atividades envolvendo o geoprocessamento são executadas por sistemas específicos mais comumente chamados de Sistemas de Informação Geográfica – SIG (INPE, 2018).

O uso de técnicas de geoprocessamento utilizando os SIG's tem contribuído para a análise integrada do meio ambiente, permitindo um melhor gerenciamento de grandes áreas com rapidez precisão e a custos bem mais baixos quando comparados a levantamento feitos in loco. Por meio da estruturação do banco de dados geográficos, diversas rotinas de apoio à decisão podem ser aplicadas para a geração de novos dados ou mapas. Além disso, a união da tecnologia e dos conceitos e teorias de sensoriamento remoto e geoprocessamento possibilitam a criação de sistemas de informação mais detalhados, sofisticados e atualizados. Os resultados gerados poderão auxiliar no planejamento ambiental, pois pode propiciar maior eficiência e flexibilidade para o tratamento dos dados, com inúmeras aplicações em âmbito gerencial, operacional e estratégico (VALLE JÚNIOR, 2014).

A modelagem de quadrados mínimos parciais nos permite entender a relação entre muitas variáveis, facilitando a compreensão das causas de degradações ambientais bem como, indicando a melhor forma de atuar na prevenção e vem sendo amplamente utilizado pela engenharia química, medicina, psicologia e agropecuária, entre outras áreas (MINITAB, 2019).

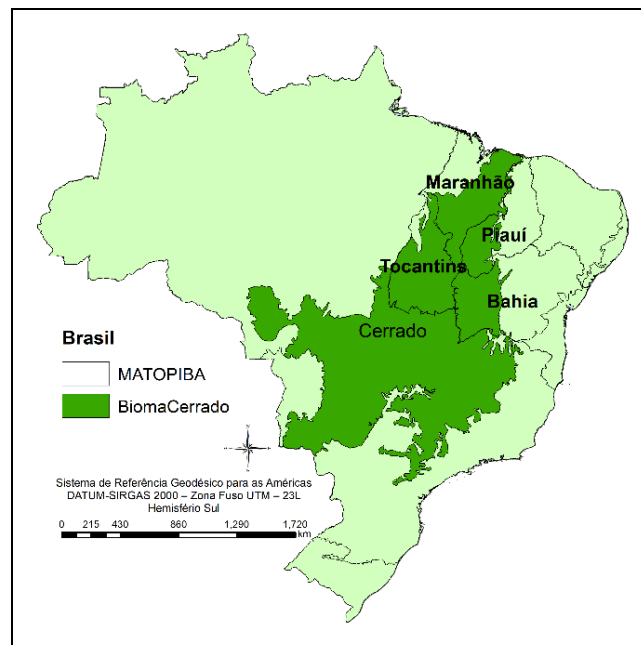
As modelagens são desenvolvidas por meio de métodos estatísticos que permitem conectar variáveis medidas a estimativa de variáveis latentes por meio de caminhos complexos, a modelagem PLS-PM permite além disso, quantificar as relações entre eles. Apesar do poder estatístico e da aplicação flexível a conjuntos de dados complexos, o PLS-PM ainda é pouco explorado em muitas áreas científicas, incluindo a modelagem ambiental (Monecke and Leisch, 2012; Vinzi et al., 2010)

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo localiza-se na região de Matopiba, formada por áreas majoritariamente de cerrado nos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, para onde a agricultura se expandiu a partir da segunda metade dos anos 1980 (Figura 1).

A região do MATOPIBA localiza-se entre os biomas da Amazônia (oeste) e caatinga (leste), sendo o bioma cerrado sua maior composição em área, correspondendo à 91% de toda a região. A topografia da região é composta por grandes áreas planas de chapadas e depressões (BORDIGNON, 2022).

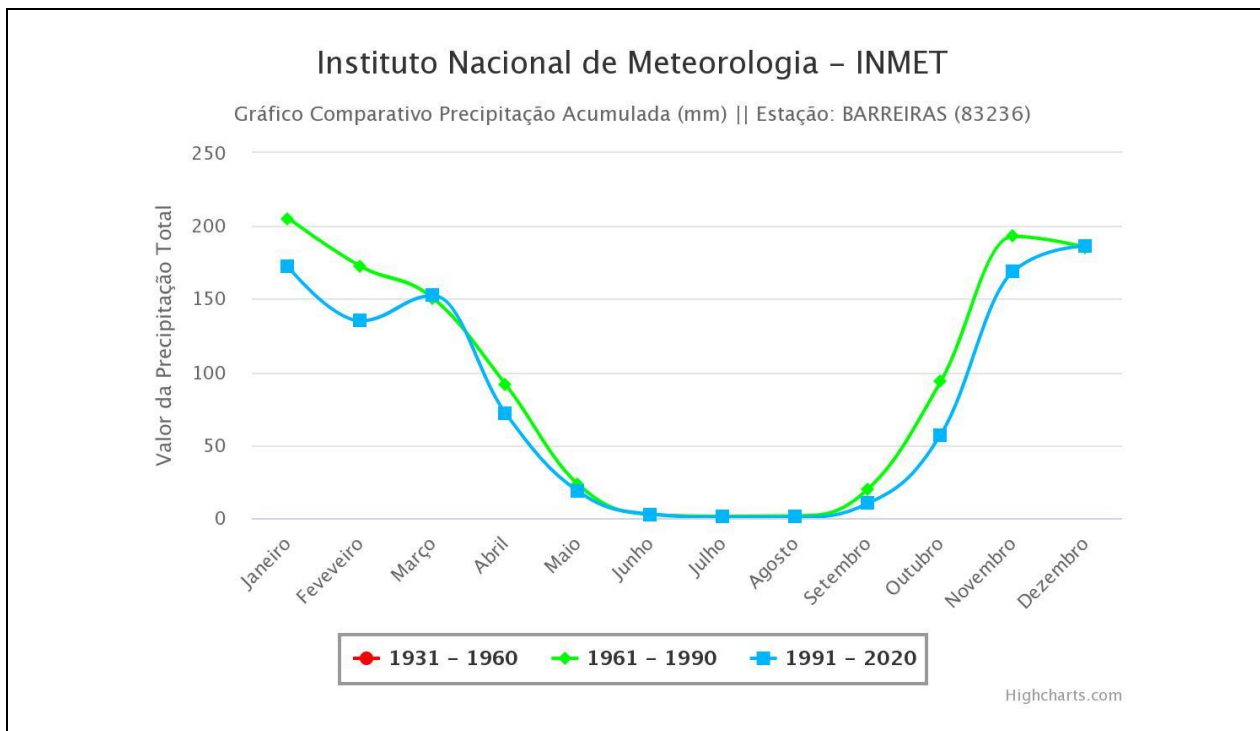


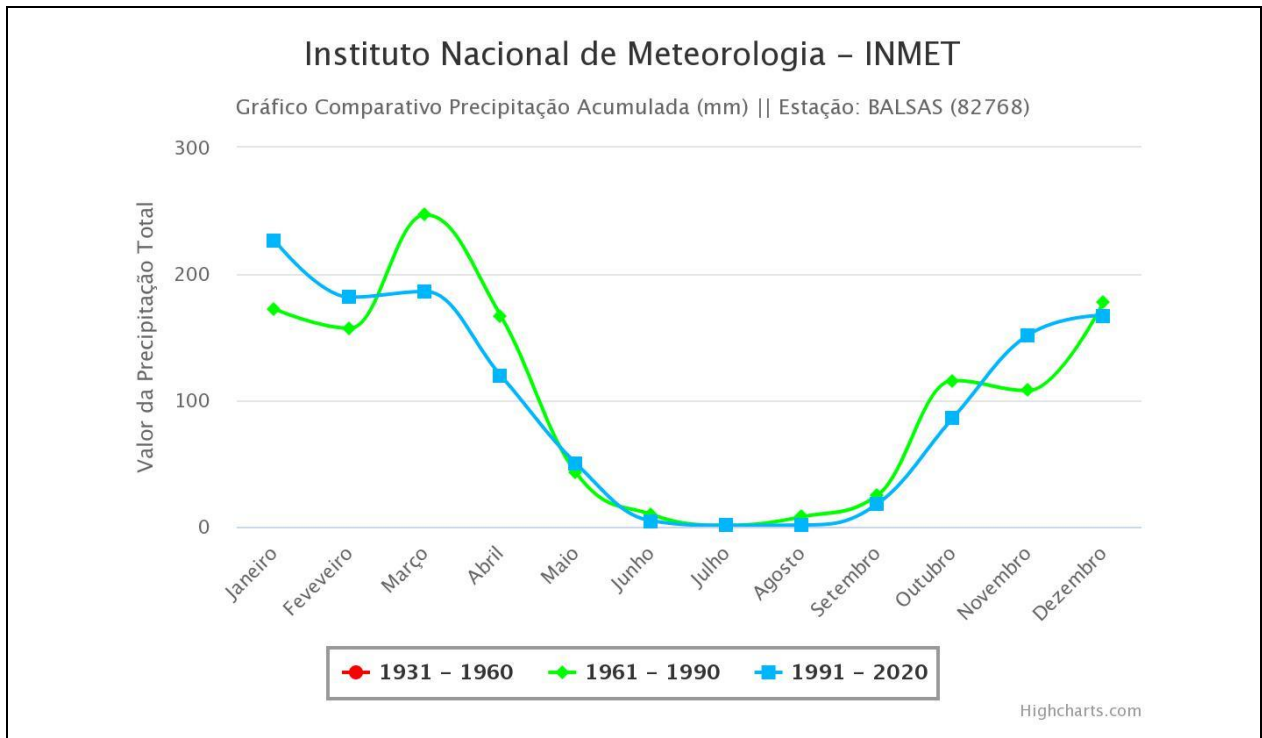
**Figura 1.** Localização da região MATOPIBA, Brasil.

A região de MATOPIBA contém a maior extensão remanescente de Cerrado preservado do Brasil. A geografia é considerada homogênea, com grandes planaltos e planícies lisas, onde predominam espécies de gramíneas, arbustos e veredas, além de abrigar as nascentes de três grandes bacias hidrográficas do Nordeste: Rio Tocantins; Atlântico (trecho norte-nordeste); Rio São Francisco.

O clima predominante na região é o tropical semiúmido, ocorrendo em cerca de 78% da área com regime chuvoso e seco bem definidos. A temperatura média varia de 25 à 27° C com média superior à 18°C em todos os meses do ano. O regime de chuvas concentra-se nos meses de outubro à abril, variando de 1000 à 1600 mm anuais para grande parte da região, chegando em 2000 mm em algumas regiões específicas. O clima pode ser considerado como tropical de inverno seco (Aw) para toda região seguindo classificação climática de Köppen. A região do MATOPIBA apresenta tendência de elevação de temperatura e indícios de aumento da duração da estação seca com maior ocorrência de estiagens e eventos extremos de chuva (BORDIGNON, 2022).

O regime de precipitação nos dois territórios selecionados é confirmado pelos monitoramentos realizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET nas estações dos municípios de Barreiras – BA e Balsas – MA, e expresso na figura 2.





**Figura 2.** Precipitação acumulada estações de Barreiras – BA e Balsas MA. Fonte: INMET, 2023

Como a Bahia é o estado onde houve maior conversão de terras para cultivo, restando hoje apenas 62% do bioma, a área foi selecionada para este estudo uma área que compõem parte da bacia hidrográfica do Rio São Francisco, localizada na região do extremo oeste Baiano, no município de Barreiras. Essa região é rica econômica e socialmente em virtude da pujança do agronegócio, porém com muitas desigualdades sociais devido a concentração de renda e de terra. (PINA; MONDARDO, 2013). A região localiza-se na Bacia do Rio São Francisco, na sub-bacia Otto N6 – Rio Grande que nasce na Serra Geral de Goiás, no município de Barreiras, São Desidério, Bahia (CBHSF, 2021) (Figura 3).

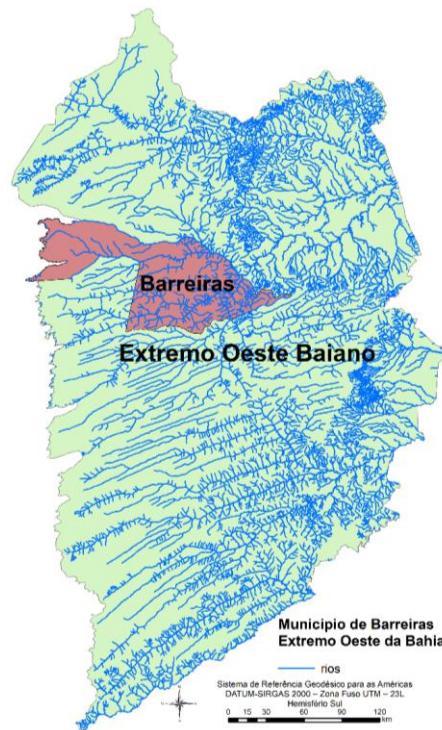


**Figura 3** – Bacia do Rio São Francisco, Bacia do Rio Grande, Barreiras, estado da Bahia.

A superfície apresentava uma atividade econômica limitada e de baixo nível de ocupação até a metade do século XX. Em meados da década de 1970, a região passou por um desenvolvimento com transformações rápidas e aumento populacional, e no ano de 1980 na migração de agricultores do sul do país, em busca de terras apropriadas e baratas, teve destaque o agronegócio, com o cultivo de soja, algodão, entre outras culturas e pecuária (GUIMARÃES NETO et al., 2017).

A topografia plana, as condições climáticas bem definidas e o recurso hídrico abundante por conta da bacia hidrográfica do Rio Grande (Figura 2) são de extrema importância e decisivos para as atividades agrícolas e industriais da região. A bacia do rio Grande, com área de aproximadamente 75.000 km<sup>2</sup>, correspondente a 13% da área do Estado da Bahia. Se encontra em uma das fronteiras agrícolas mais ativas do mundo, onde vêm ocorrendo um aumento rápido de área cultivada e áreas irrigadas, bem como os conflitos hídricos, que ocorrem pelo menos desde 2010 (DIONIZIO et al 2019).

O município de Barreiras (Figura 3) localizado no Extremo Oeste da Baiano, às margens do Rio Grande tem seu desenvolvimento pautado na navegação, o que permitiu o crescimento de áreas urbanas e deu origem a uma economia que começou com o extrativismo da borracha e atualmente destaca-se na produção agropecuária na região de Matopiba (RURAL, 2020).



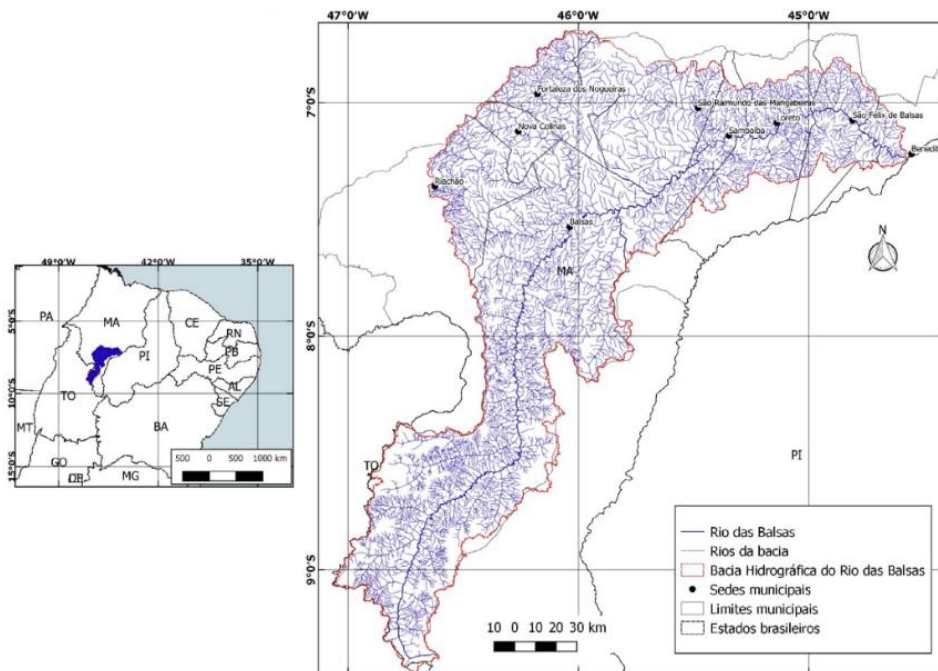
**Figura 4.** Localização do município de Barreiras, Extremo Oeste Baiano, Bahia.

Em 2010, o Índice de Desenvolvimento Humano (IDHM) do município de Barreiras ocupava a 1266ª posição entre os 5.565 municípios brasileiros e a 3ª posição no Estado da Bahia. A situação da vulnerabilidade social pode ser analisada pela dinâmica de alguns indicadores: redução no percentual de crianças extremamente pobres de 19,06% para 7,68%, entre 2000 e 2010; no percentual de mães chefes de família sem fundamental completo e com filhos menores de 15 anos de 18,04% para 17,00%, e uma pequena redução no percentual de pessoas de 15 a 24 anos que não estudam nem trabalham e são vulneráveis à pobreza de 15,78% para 15,04%. No que concerne ao saneamento houve crescimento no percentual da população em domicílios com banheiro e água encanada, em 2000, o percentual era de 76,86%, em 2010 registrou 90,73% (ATLAS BRASIL, 2021).

Para o terceiro grupo estudado foi selecionado o município de Balsas que desde a sua gênese histórica, teve na agricultura, sua mola mestra de desenvolvimento econômico, “tendo como primeiro ciclo produtivo econômico o arroz”, amparados nas

condições do espaço (solo plano, clima e pluviosidade), haja vista que, ela está próximo ao regime de chuvas amazônico, o baixo custo de aquisição de terras na área, e acima de tudo as políticas de Estado quem vem sendo adotadas desde a década de 70 para o desenvolvimento do Cerrado, foram atrativos para os agricultores do Sul que inicialmente cultivaram arroz e com o advento da revolução verde, técnicas de correção e calagem do solo, viram nessa região do Cerrado um espaço propício para o cultivo da soja, fazendo com que a cultivar tornasse-se a ser a principal atividade agrícola da cidade, passando a ser um dos grandes produtores de soja do Brasil, para a exportação até o fim da década de 70. Por outro lado, as diferenças e desigualdades sociais também se tornaram extremas, 40% da população de Balsas vivem com uma renda menor que meio salário mínimo (IBGE 2010).

A bacia hidrográfica do Rio das Balsas, no sul do estado do Maranhão, possui informações escassas, localiza-se na região sul do estado do Maranhão, tem a nascente localizada no município de Balsas e a foz no município de Benedito Leite, quando deságua no rio Paranaíba (limite entre os estados do Maranhão e Piauí), do qual é um dos principais tributários (Figura 5).



**Figura 5.** Localização da Bacia e do município de Balsas, região Sul, Maranhão.

### 3.2 Delimitação da Bacia Hidrográfica

O estudo das características fisiográficas de uma bacia hidrográfica é importante para o entendimento da dinâmica dos processos hidrológicos e da gestão e conservação do solo e dos recursos hídricos, que são essenciais à vida.

Para o desenvolvimento deste estudo, técnicas de geoprocessamento foram utilizadas no intuito de compreender a relação solo-paisagem na unidade territorial de bacia hidrográfica.

O zoneamento de microbacias foi estabelecido por dois modelos de processamento: 1) pelo sistema de Ottotrechos determinados pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e pelo 2) processamento de transformação do modelo de elevação digital do terreno em vetor de drenos e divisores topográficos.

O sistema de Ottotrechos determinados pela ANA, uma autarquia federal do Brasil, vinculada ao Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, e responsável pela implementação da gestão dos recursos hídricos brasileiros. A Base Hidrográfica Ottocodificada (BHO) (<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/b228d007-6d68-46e5-b30d-a1e191b2b21f>) utilizada pela ANA na gestão de recursos hídricos é obtida a partir do Mapeamento Sistemático Brasileiro. A BHO é gerada a partir da cartografia digital da hidrografia do país e organizada de modo a gerar informações hidrologicamente consistentes. Para tanto, a BHO representa a rede hidrográfica em trechos entre os pontos de confluência dos cursos d'água de forma unifilar. Cada trecho é associado a uma superfície de drenagem denominada ottobacia, à qual é atribuída a codificação de bacias de Otto Pfafstetter. Uma característica essencial dessa representação é ser topologicamente consistente, isto é, representar corretamente o fluxo hidrológico dos rios, por meio de trechos conectados e com sentido de fluxo. O critério de agrupamento foi a codificação de bacias hidrográficas de Otto Pfafstetter por nível 5 de bacia, ou seja, o número 5 de algarismos da codificação.

No processamento de transformação do modelo de elevação digital do terreno em vetor de drenos e divisores topográficos, foi realizada a conversão entre formatos matriciais em vetoriais. Para combinar a análise matricial dos valores de elevação em vetorial (valores das distancias do perímetro e dos drenos – na delimitação das unidades de respostas hidrológicas (URH), foi necessário fazer o processamento de *Flow Directions* e *Flow accumulation* no sistema de informação geográfica (SIG-ArcGis).

Em cada URH foi determinado os atributos ambientais do solo, uso do solo e formação de drenagem. Os atributos foram analisados espacialmente no intuito de detectar as áreas de maior restrição e as regiões mais vulneráveis ambientalmente, o que permite definir um planejamento de empreendimentos em mapas ou imagens de satélite, com várias camadas de dados relacionadas à restrição ambiental que se quer verificar.

Para analisar o meio físico, no que tange à conformação geomorfológica, foi realizada, a partir de técnicas de sensoriamento remoto e SIG, o processamento digital

da rede de drenagem, delimitado o divisor topográfico e no modelo de elevação digital do terreno foi calculado a altitude e a declividade de cada unidade de resposta hidrológica (URH). As características físicas: área das URH (A), comprimento do dreno principal (Cp), perímetro da bacia (P), a elevação média, mínima e máxima e a amplitude de elevação (H) foram determinadas no sistema de informação geográfica ArcGis.

Para determinar a declividade da área de estudo foi obtida as informações sobre o relevo do território, a partir dos dados gerados pelo projeto SRTM (em inglês, *Shuttle Radar Topography Mission*). A partir do processamento digital dessas imagens, a EMBRAPA-Monitoramento por Satélite recortou os mosaicos estaduais, compatibilizando-os também com os produtos LANDSAT da série Brasil visto do espaço. O modelo de elevação digital do terreno (MEDT) foi obtido dos trabalhos realizados por coordenação de MIRANDA (2005), Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Articulação compatível com a escala 1:25.000 (IBGE).

### **3.3 O programa de assistência a agricultura familiar**

#### **3.3.1 Estruturação do programa e seleção das famílias**

O Programa Village foi estabelecido com dois pilares integrados, agricultura familiar e educação. O programa de assistência à agricultura familiar foi estabelecido com vistas a transformar a agricultura familiar nos territórios por meio do aumento na produtividade da lavoura, diversificação dos cultivos, acesso à água (implantação de cisternas e sistemas de irrigação), bem como, para o fortalecimento da educação no campo contribuindo para a dimensão agricultura sustentável na comunidade escolar. Estas ações conjuntas devem levar ao incremento de ganhos financeiros, por meio do aumento de vendas e da renda familiar trazendo melhoria da qualidade de vida para os grupos participantes.

A seleção das famílias considerou o mapeamento de comunidades rurais compostas por pequenas propriedades com produção de subsistência e vulnerabilidade social, sendo realizada a avaliação de grupos maiores em comunidades rurais dos municípios, onde por meio da coleta de dados e entrevistas os grupos objeto da assistência a agricultura familiar foram selecionados considerando o desejo de engajamento com o programa e associativismo (força e disponibilidade para o trabalho, potencial de trabalho em grupo), condições da propriedade e específicas de vulnerabilidade social.

Após a seleção dos grupos foi realizada avaliação das melhorias a serem adotadas nas técnicas de cultivo e nos sistemas de irrigação individuais de cada uma das propriedades. Os agricultores receberam capacitações técnicas agrícolas e melhoria na infraestrutura de reservatório e distribuição de água das propriedades, com a aplicação das técnicas aprendidas nas propriedades rurais, finalizando com a aplicação de controles gerenciais e estratégias de comercialização da produção.

### **3.3.2 Armazenamento de água e sistemas de irrigação**

As propriedades selecionadas não tinham sistema de abastecimento / armazenamento de água ou o sistema apresentava-se muito precário. Para viabilizar a produção foi realizada a adequação do sistema existente ou a implantação de um novo sistema de armazenamento de água.

O modelo selecionado para armazenamento de água foi a cisterna de ferrocimento, por apresentar processo relativamente simples e de fácil construção, possibilitando o aprendizado por qualquer pessoa interessada e a possibilidade de reaplicação em outras comunidades, tornando-se uma forma popular de captação da água de rio ou de captação de água da chuva. Trata-se de construção de baixo custo, com alta qualidade e durabilidade e pode ser adequada às condições e necessidades de cada família.

A cisterna de ferrocimento é um reservatório de água cilíndrico, o armazenamento de águas em superfície permite a geração de pressão por meio da coluna de água, eliminando a necessidade de bombeamento para o sistema de irrigação que é acoplado diretamente na caixa. Esse tipo de cisterna, não fica enterrada, por isso deve ser construída em superfície na parte mais alta do terreno para receber a água e realizar a irrigação por gravidade. Para construção da base deve ser feita uma escavação, suficiente apenas para retirar a camada orgânica do solo. Foram construídas cisternas de 20.000 litros de água.

Para irrigação foi selecionado o sistema irrigação localizada. No método da irrigação localizada, a água é, em geral, aplicada em apenas uma fração do sistema radicular das plantas, empregando-se emissores pontuais (gotejadores), lineares (tubo poroso ou "tripa") ou superficiais (microaspersores). A proporção da área molhada varia de 20 a 80% da área total, o que pode resultar em economia de água. O teor de umidade do solo pode ser mantido alto através de irrigações frequentes e em pequenas quantidades, beneficiando culturas que respondem a essa condição. É um método que permite elevado grau de automação, o que requer menor emprego de mão-de-obra na

operação irrigação localizada. De acordo com as características produtivas foram selecionados os métodos de gotejamento e microaspersão.

### 3.3.3 Plano de manejo agrônômico

O plano de manejo foi elaborado em função dos objetivos de compreender a unidade de trabalho e implementar práticas de armazenamento de água artificial para estabelecer diretrizes para aumentar o armazenamento de água nas bacias hidrográficas. O processo foi elaborado a partir de diversos estudos, incluindo diagnósticos do meio físico e social, visando minimizar os impactos negativos e garantir a manutenção dos processos ecológicos e prevenir a simplificação dos sistemas naturais e o armazenamento de água no sistema.

O zoneamento da região de estudo foi organizado espacialmente em zonas sob diferentes graus de proteção e regras de uso e incluiu medidas para promover a integração da comunidade à vida econômica e social. Para a elaboração do plano de manejo foi estabelecido uma missão que visa contribuir para a prosperidade da agricultura familiar, ampliando a qualidade de vida no campo. Para tanto, foram selecionadas 60 famílias em suas respectivas áreas de produção vegetal para participação do programa, sendo estabelecidos objetivos específicos em 3 dimensões:

- **Agricultura:** Ampliar a produtividade da agricultura familiar e melhorar seu acesso a mercado;
- **Água:** Melhorar o acesso e utilização da água para o cultivo de alimentos; visando determinar métricas de segurança hídrica;
- **Educação:** Implementar horta em escola rural, apoiar a nutrição infantil, valorizar a agricultura familiar e fortalecer atividades curriculares

No momento da seleção, as 60 famílias não apresentavam produção agropecuária nas respectivas propriedades ou a produção era muito incipiente basicamente para subsistência. As famílias selecionadas tiveram acesso a uma rede de apoio conforme estabelecido na Figura 6.



**Figura 6** – Rede de apoio à agricultura familiar em Barreiras – BA

A rede de apoio foi configurada pelo conjunto de pessoas com que cada família pode contar quando precisar compreender o sistema de produção. A Organização Não Governamental (ONGs) do local para oferecer o apoio com os objetivos específicos de trabalhos sociais e questões relativas ao bem-estar da sociedade. As ONGs se enquadram no terceiro setor da organização social. As Empresas Locais para dar o apoio as tarefas do trabalho e ensinar o processo de produção. Os agricultores para implementar o sistema de produção vegetal e a Prefeitura e Escolas Públicas para implementar as ações educacionais. A rede de apoio teve a função de apoiar a agricultura familiar e melhorar as relações interpessoais.

A partir da seleção, iniciou-se o planejamento das atividades de assistência técnica a serem realizadas em cada uma das pequenas propriedades, considerando a avaliação das melhorias a serem adotadas nas técnicas de cultivo e nos sistemas de irrigação. Os agricultores receberam capacitações técnicas agrícolas e melhoria na infraestrutura de reservatório e distribuição de água das propriedades. Também foram aplicados controles

gerenciais e estratégias de comercialização da produção. Adicionalmente, foram realizadas as capacitações para os professores de escolas rurais da comunidade e aplicação das técnicas aprendidas nas propriedades rurais selecionadas.

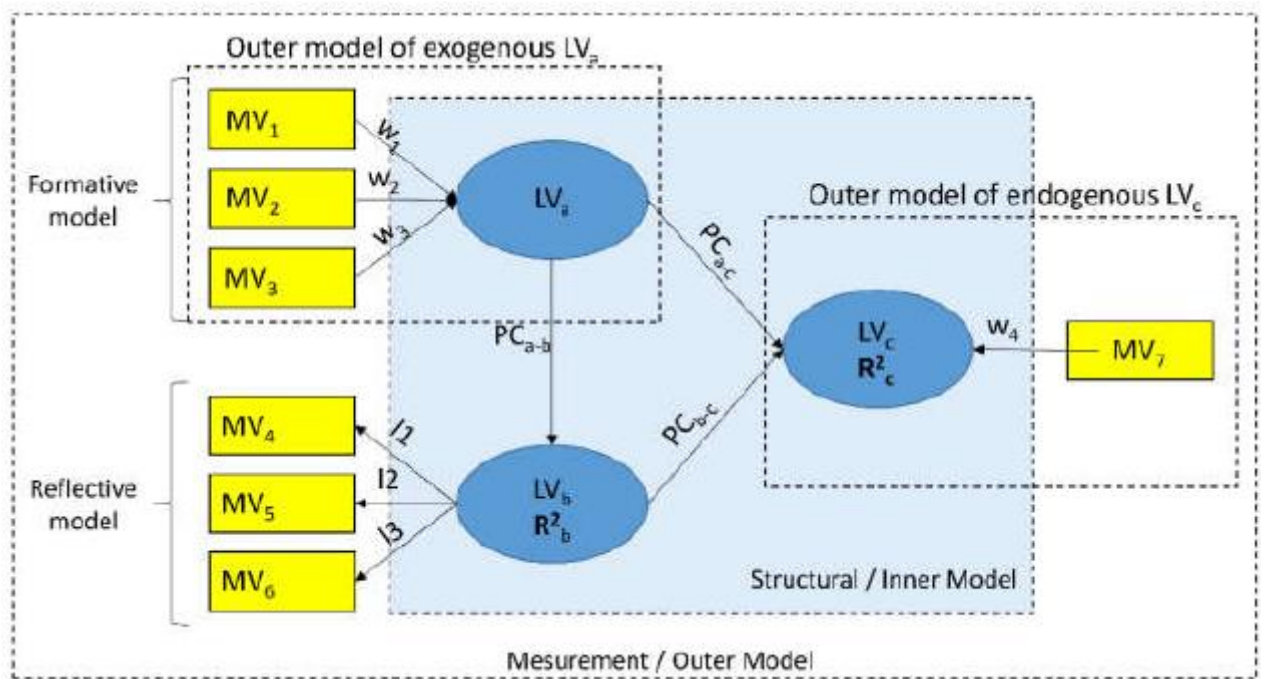
As propriedades do grupo de assistência à agricultura familiar receberam visitas técnicas agronômicas periódicas (semanais) para acompanhamento das adequações e orientação das técnicas de agrônômicas implementadas. Os resultados foram medidos após um ano de implementação do programa, visando: aumento na produtividade da lavoura; diversificação de cultivos; ampliação acesso à água: implantação cisternas e sistema de irrigação; fortalecimento da Educação no Campo; melhoria dos ganhos financeiro: aumento das vendas e da renda familiar e melhoria da qualidade de vida. As medições foram feitas por meio de visitas técnicas e entrevistas, os dados coletados em formulário manual e repassado a planilhas em excel.

### **3.4 Análise estatística - quadrados mínimos parciais - modelagem de caminhos**

A metodologia de Quadrados Mínimos Parciais (PLS) foi originalmente desenvolvida pela Wold (WOLD, 1966; WOLD, 1980). O algoritmo PLS visa modelar caminhos causais entre blocos de variáveis chamados variáveis latentes (LV). A regressão por meio de modelos PLS é formada por um subconjunto de modelos PLS, onde o número de blocos são dois: o bloco independente e o bloco dependente (GARSON, 2016).

Esta técnica de regressão reduz os preditores a um conjunto menor de componentes não correlacionados e efetua regressão de mínimos quadrados para os componentes no lugar dos dados originais (MINITAB, 2019). Ela foi usada primariamente nos setores químico, farmacêutico, alimentício e plástico para desenvolvimento de modelos preditivos, atualmente é usada no meio científico para desenvolvimento de teorias em pesquisa exploratória para explicar a variância nas variáveis dependentes de cada modelo.

Na Modelagem Parcial dos Quadrados dos Mínimos Quadrados (PLS-PM, Figura 7), um número de LV é definido e conexões (caminhos) entre eles estabelecidos. Este conjunto de LV e caminhos forma o interior do modelo sendo também chamado estrutural, já as variáveis mensuráveis (MV) representam o formato externo ou modelo externo (HENSELER et al., 2009). Neste modelo externo, as ligações entre LV são quantificadas por completo por meio coeficientes de caminho ( $\beta$ ), enquanto as ligações entre LV e MV são quantificadas através de pesos ( $w$ ) (HAIR et al., 2014). Os pesos ( $w$ ) quantificam as conexões entre as variáveis mensuráveis e as variáveis latentes, no modelo estrutural os coeficientes de caminho (PC - Path Coeficientes neste estudo chamado de  $\beta$ ) estimam os caminhos entre LV, apresentando a influência direta ou indireta das LVs independentes sobre as dependentes (FERNANDES et al, 2018).



**Figura 7** – Estrutura dos modelos PLS - Fonte: Terencio et al. (2019).

Para a análise do modelo estrutural final, utilizou-se o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) que indica a quantidade de variância na variável latente dependente (também denominada endógena ou “fim do caminho”) explicado por suas variáveis latentes

independentes (exógeno ou “início do caminho”). Os coeficientes do caminho representam a influência de variáveis exógenas em variáveis latentes endógenas, que podem ser ou indireta, dependendo do número de Influências (GARSON, 2016). A pontuação medida de um LV (LV<sub>m</sub>; Eq. 1) é a soma ponderada de escores (pesos) MV associados, negligenciando termos de erro (TERENCIO et al., 2019). A pontuação prevista de um LV endógeno (por exemplo, LV<sub>p</sub>, c na Figura 6; Equação 2) é a soma ponderada de todas as variáveis latentes exógenas associadas, onde os “pesos” agora são representados por coeficientes de caminho:

$$VL_m = \sum_{i=1}^n (VM_i \times w_i) \quad VL_m = \sum_{i=1}^n VM_i \times w_i \quad (1)$$

$$VL_{pc} = VL_{m,a} \times PC_{a-c} + VL_{m,b} \times PC_{b-c} \quad VL_{pc} = VL_{m,a} \times PC_{a-c} + VL_{m,b} \times PC_{b-c} \quad (2)$$

O algoritmo do PLS-PM pode gerar modelos formativos ou reflexivos (HENSELER et al., 2014; RINGLE et al., 2009). Os modelos reflexivos são caracterizados por caminhos (representados por setas) que começam no latente (LV) e acabam nas variáveis medidas (MV), enquanto os sentidos da flecha são invertidos em modelos formativos (MONECKE & LEISCH, 2012). Nos modelos reflexivos, as variáveis medidas são vistas como o efeito das variáveis latentes, enquanto nos modelos formativos elas são vistas como causas (BOCCUZZO & FORDELLONE, 2015). No presente estudo, o PLS-PM foi utilizado como modelo formativo, sendo implementado no software SMART-PLS. No modelo formativo o construto é formado pelas variáveis medidas (SANCHES, 2013). O intuito da modelagem PLS-PM é estimar as variâncias (R<sup>2</sup>) dos blocos latentes dependentes (fim de caminho) explicada pelas variáveis latentes independentes (início de caminho) por meio de uma série de regressões de mínimos quadrados ordinárias (OLS) (RICHTER et al., 2016) que justificam a interdependência entre os blocos.

O coeficiente de determinação, R<sup>2</sup>, indica quanto da variação total é comum aos elementos que constituem os pares analisado, indicando desta forma, a qualidade da regressão. Este índice de valoração dos resultados é a predição que avalia a contribuição das variáveis independentes sobre as dependentes, ou seja, quanto a variável dependente é predita pelas demais. Segundo Cepeda e Roldán (2004), o R<sup>2</sup> mensura o valor que a variável é predita, indicando a porcentagem em que um construto anterior

prediz a variável dependente. Com base no estudo de Falk e Miller (1992), o cálculo para a variância da variável endógena ( $R^2$ ) deve ser maior ou igual a 0,1, para que seja considerado significativo, ou seja, se aceita valores acima de 10% de predição. De uma forma geral, os valores do  $R^2$  podem ser classificados em três categorias (SANCHEZ 2013): a)  $R^2 \leq 30$  - Baixo ,b)  $30 < R^2 < 60$  - Moderado e c)  $R^2 \geq 60$  – Elevado. É lógico que quanto maior o valor do  $R^2$  melhores a capacidade explicativa do modelo, ou neste caso, das variáveis.

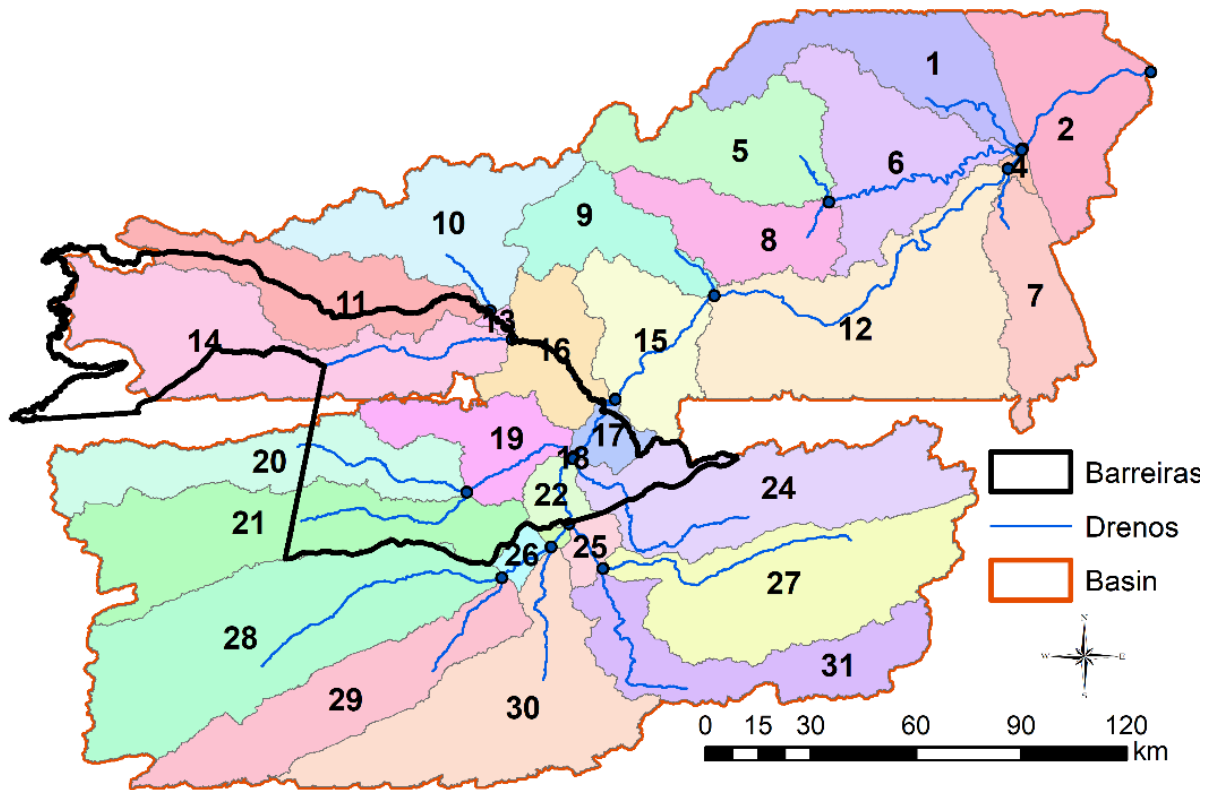
Para análise da aplicabilidade e validade do modelo cabe ainda realizar a análise de multicolinearidade que pode ser diagnosticada por meio do VIF (Variance Inflation Factor) que indica potenciais falhas no ajuste do modelo formativo ocasionando impactos na estimativa dos parâmetros. Esta análise estatística mede o quanto a variância de um coeficiente de regressão estimado é maior na presença de colinearidade (DIAMANTOPOULOS, 2008). Valores de VIF maiores que 10, indicam alta multicolinearidade o que impede a utilização do modelo de regressão clássico, assim para que o modelo seja válido todos os valores de VIF devem ser inferiores a 10.

### **3.5 Preparação de conjuntos de dados para PLS**

Nas 60 propriedades selecionadas para desenvolvimento do projeto foram coletadas as informações referentes a identificação da área, proprietário, gênero, coordenadas geográficas, comunidade, se foi implantada a cisterna para armazenamento ou utilizada outra fonte de água, volume de água armazenada, o volume utilizado, o período e tempo de irrigação diário, a área irrigada e a produtividade agrícola alcançada classificada em horticultura, fruticultura, grãos e culturas anuais, duas propriedades foram expurgadas da base pois por terem culturas mais longas não tiveram produtividade a ser medida no período.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base no mapa de elevação digital, observa-se que a área selecionada para o trabalho foi dividida em 31 unidades de resposta hidrológica de Barreiras (URH) (Figura 8). As características morfométricas encontram-se na Tabela 1.



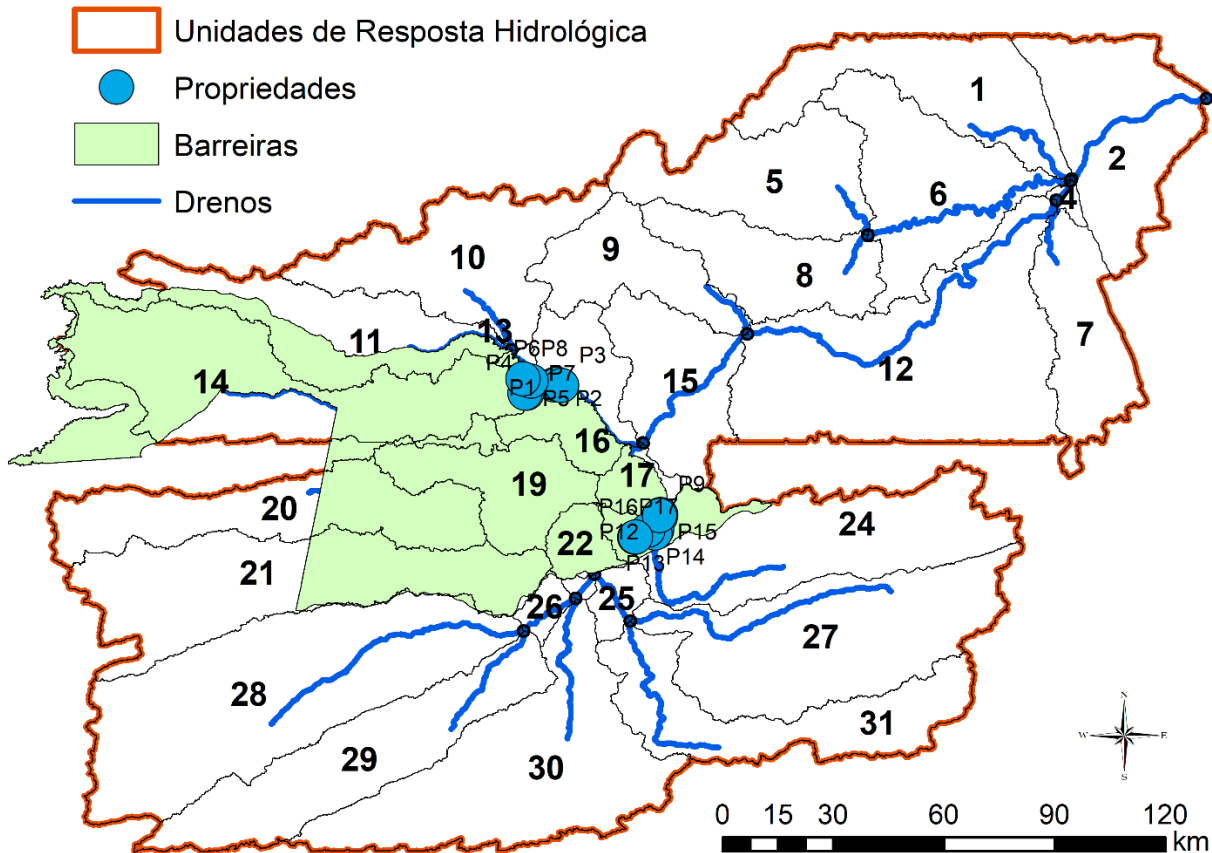
**Figura 8.** Unidades de Resposta Hidrológica (HRU) do rio Grande, Barreiras, Bahia.

**Tabela 1.** Características morfométricas das Unidades de Resposta Hidrológica (URH) do rio Grande.

HRU	Area (ha)	Declividade	Perimetro	Lat	Long_	Elev	ElevMin	ElevMax	H
1	162255.96	2.25	145428.42	-11.14	-44.20	463.85	409	794	385
2	184865.49	3.04	88155.15	-11.23	-43.73	464.42	402	792	390
3	78.57	6.14	2095.04	-11.36	-43.84	420.54	407	550	143
4	6596.64	4.86	17412.67	-11.41	-43.84	444.60	408	667	259
5	159417.72	2.27	105332.45	-11.35	-44.60	483.43	419	805	386
6	183799.53	1.03	119760.78	-11.37	-44.20	433.07	409	495	86
7	115437.96	2.78	99505.84	-11.74	-43.81	468.53	408	813	405
8	120049.29	1.05	91031.95	-11.56	-44.58	449.13	421	766	345
9	104168.43	4.51	90517.54	-11.58	-44.93	548.56	421	803	382
10	180484.20	3.76	90703.38	-11.55	-45.35	724.56	490	808	318
11	162814.86	2.22	135693.66	-11.71	-45.68	759.36	491	851	360
12	365675.31	1.46	161213.69	-11.79	-44.22	444.63	399	806	407
13	5803.65	6.30	17096.35	-11.80	-45.20	522.47	468	724	256
14	280633.41	2.03	167853.40	-11.85	-45.83	770.65	468	886	418
15	128270.79	5.02	67282.00	-11.85	-44.82	511.81	412	791	379
16	102587.31	6.16	65732.26	-11.88	-45.07	634.40	433	790	357
17	29521.26	6.54	35248.21	-12.10	-44.91	540.82	423	760	337
18	174.15	2.18	2464.63	-12.15	-45.00	453.19	440	480	40
19	100189.71	3.90	78889.35	-12.10	-45.26	690.74	440	762	322
20	183484.44	1.72	152479.53	-12.17	-45.82	776.31	560	926	366
21	263059.65	1.80	146936.03	-12.35	-45.81	774.29	561	921	360
22	29530.17	6.26	31933.65	-12.25	-45.06	587.09	439	741	302
23	4486.59	9.21	15300.09	-12.35	-45.05	613.82	474	736	262
24	251304.93	3.47	164271.95	-12.24	-44.50	739.73	443	879	436
25	23841.54	7.81	29493.51	-12.38	-44.96	624.48	475	727	252
26	15944.04	5.52	25328.47	-12.40	-45.14	673.01	495	741	246
27	269743.77	2.00	151578.20	-12.48	-44.43	769.87	519	875	356
28	375247.08	1.43	159854.64	-12.62	-45.82	796.77	642	990	348
29	198429.75	1.34	147329.66	-12.77	-45.62	772.32	643	927	284
30	293106.60	1.91	147404.67	-12.80	-45.21	735.15	495	833	338
31	167541.21	2.01	158267.53	-12.69	-44.31	763.57	519	849	330

O balanço hídrico fornece a informação da relação entre a oferta e os usos da água nas unidades de resposta hidrológica no município de Barreiras, apontando as áreas mais críticas de insegurança hídrica que requerem ações de gestão e obras de infraestrutura para garantia da segurança hídrica. Considerando que os reservatórios artificiais são importantes para o incremento da oferta hídrica de uma bacia hidrográfica,

sendo uma das principais alternativas para situações de escassez, foram selecionadas 17 propriedades em duas unidades de resposta hidrológica: 14 e 24, tendo em vista a similaridade da rede de drenagem. As propriedades estão localizadas conforme a Figura 9.

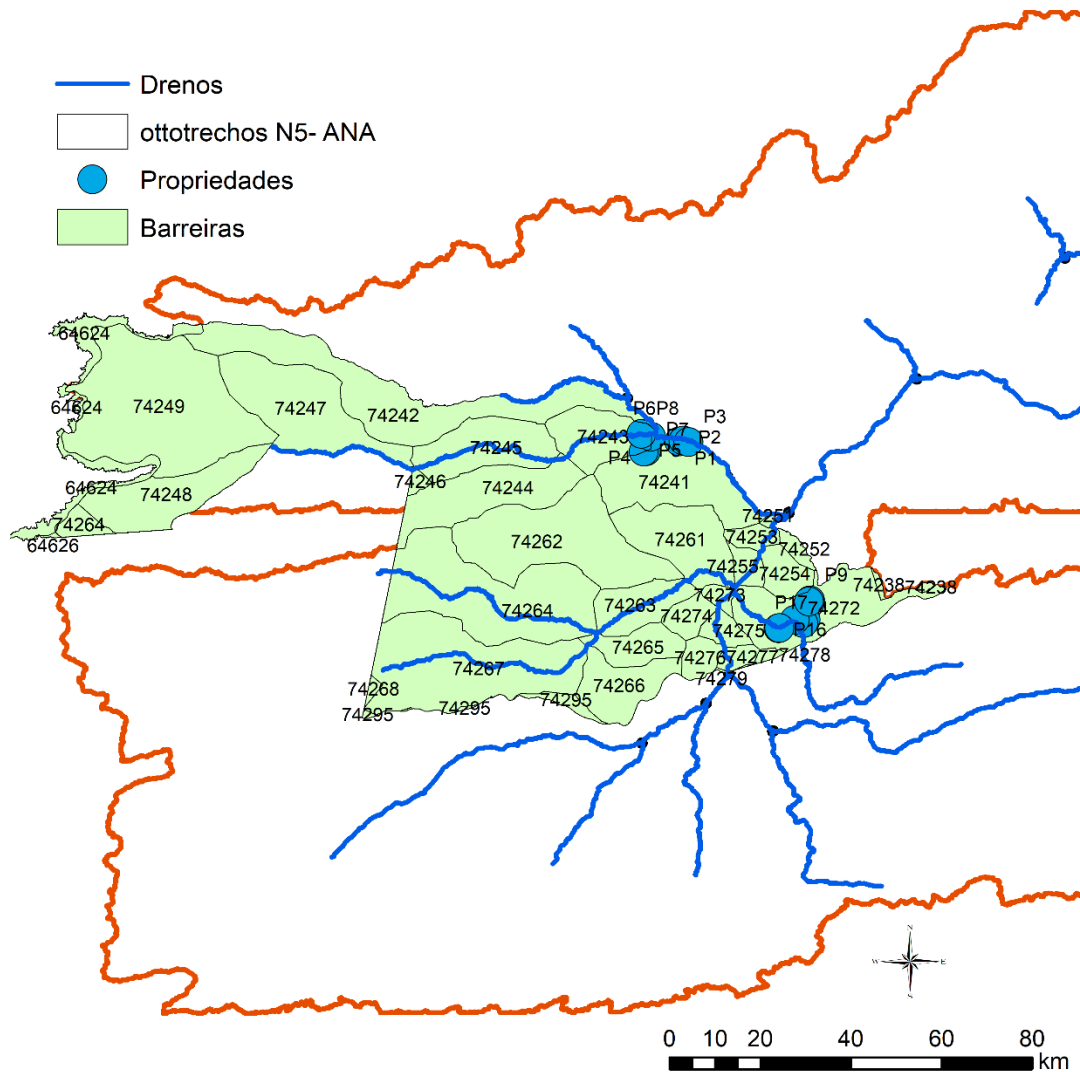


**Figura 9.** Localização das propriedades rurais.

As propriedades P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7 e P8 estão localizadas nas unidades de resposta hidrológica (URH) 14 e 16. As propriedades P9, P10, P11, P12, P13, P14, P15, P16 e P17, URH 24.

O sistema de informação geográfica (SIG) foi considerado uma excelente ferramenta e forneceu uma análise do meio com menor custo e tempo, principalmente, quando considera trabalhos desenvolvidos em campo, corroborando com os trabalhos de Silva Neto et al. (2013).

Para a análise da localização das propriedades por ottotrechos da ANA foi realizado o zoneamento em ottobacis nível 5, conforme Figura 10.



**Figura 10.** Localização das propriedades rurais nas ottobacias da ANA em Barreiras.

O zoneamento possibilita consultar trechos a montante e a jusante da rede de drenagem do rio Grande no Município de Barreiras, Bahia. Cada região possibilita a integração a partir de um mesmo critério e referência geográfica para a gestão do recurso hídrico no intuito de determinar as regiões de insegurança hídrica. É utilizada para

suportar diversos modelos e sistemas, tais como modelos de chuva-vazão e os subsistemas do SNIRH. Permite que informações físicas, socioeconômicas e hidrológicas, entre as quais disponibilidade e demanda pelos recursos hídricos, sejam associadas às áreas de contribuição hidrográfica, conhecidas como ottobacia (ANA, 2023).

As informações da bacia hidrográfica de Balsas são escassas e não foram exploradas neste estudo.

#### 4.1 Incremento de produtividade e sustentabilidade da agricultura familiar

Nas unidades de resposta hidrológica 14 e 24 foram selecionadas 17 famílias e durante o período de 12 meses foi realizado um trabalho de diagnóstico, seleção e engajamento das famílias para preparação da mudança no processo produtivo. Seguido de planejamento e implementação das melhorias nas dimensões agricultura, educação e água, conforme apresentado na Figura 10.



**Figura 10** - Macroestratégia - Fonte Instituto Mosaic - Mandu/ISES, 2022

As 60 famílias selecionadas abrangem um total 200 pessoas diretamente envolvidas no plano de manejo e melhorias produtivas e ações de prospecção para impulsionar a comercialização.

A Tabela 2 apresenta a tabela síntese dos dados coletados. A partir dos valores medidos foram geradas planilhas de excel onde foram inseridos os parâmetros de armazenamento de água, tempo de irrigação, volume armazenado e utilizado, produção de fruticultura, horticultura, grãos e culturas anuais. que foram usados como dados de entrada (variáveis mensuradas = MV) para modelagem PLS-PM, estimando os efeitos diretos destas variáveis sobre água e produtividade. Sendo realizada análise exploratória por meio do software SmartPLS 3.2.8 (RINGLE, 2015) após análise de VIF para os parâmetros, o parâmetro volume armazenado e armazenamento de água foram excluídos por ter apresentado VIF superior a 10.

**Tabela 2** – Coleta de dados produtivos

Grupo	Família	Comunidade	Cisterna?	Volume armazenado	Volume utilizado	Área irrigada (ha)	Finalidade Produtiva	Volume produzido
Grupo 1 – Barreiras	1	Nova Vida	sim	20.000 litros	6000 litros	0.25	Horticultura Culturas de Grãos	120 unidades 25 kg
	2	Nova Vida	sim	20.000 litros	5000 litros	0.25	Fruticultura Horticultura	20 Kg 50 unidades
	3	Nova Vida	sim	20.000 litros	6000 litros	0.25	Cultura de Grãos fruticultura	60 kg 40 kg
	4	Mangabeira	sim	20.000 litros	6000 litros	0.25	Cultura de Grãos Fruticultura	100 kg 35 kg
	5	Mangabeira	sim	20.000 litros	7000 litros	0.25	Horticultura Cultura de Grãos	50 unidades 180 kg
	6	Val do Teú	sim	20.000 litros	7000 litros	0.25	Fruticultura Horticultura	70 kg 60 unidades
	7	Pedra de Amolar	sim	20.000 litros	5000 litros	0.25	Cultura anuais Horticultura	300 kg 32 unidades
	8	Val do Teú	sim	20.000 litros	7000 litros	0.25	Cultura anuais Horticultura	300 kg 32 unidades
	9	Taboa da Água vermelha	não	250 litros	3000 litros	0.25	Cultura anuais Horticultura	250 kg 120 unidades
	10	Taboa da Água vermelha	não	0.00	3000 litros	0.25	Fruticultura Horticultura	43 kg 80 unidades
	11	Taboa da Água vermelha	não	250 litros	3000 litros	0.25	Fruticultura Horticultura	35 kg 132 unidades
	12	Correio	não	2.500 litros	5000 litros	0.25	Fruticultura Horticultura	38 kg 145 unidades
	13	Correio	não	250 litros	3000 litros	0.25	Fruticultura Horticultura	25 kg 110 unidades
	14	Bezerro	não	500 litros	3000 litros	0.25	Fruticultura Horticultura	24 kg 155 unidades

	15	Taboa da Água Vermelha	não	1000 litros	3000 litros	0.25	Horticultura Fruticultura	160 unidades 35 kg
	16	Boqueirão do Justino	não	10.000 litros	0	0.25	Cultura anuais	0
	17	Boqueirão do Justino	não	0.00	0	0.25	Cultura anuais	0
Grupo 2 – Barreiras	18	Taboa da Água vermelha	não	500 litros	0	0.15	Cultivo Hortaliças	2000 kg
	19	Taboa da Água vermelha	não	500 litros	0	0.2	Cultivo Hortaliças	1741 kg
	20	Taboa da Água vermelha	não	250 litros	0	0.15	Cultivo Hortaliças	0
	21	Taboa da Água vermelha	não	500 litros	0	0.15	Cultivo Hortaliças	1000 kg
	22	Taboa da Água vermelha	não	250 litros	0	0.15	Cultivo Hortaliças	3728 kg
	23	Correio	não	250 litros	0	0.15	Cultivo Hortaliças	404 kg
	24	Boqueirão do Justino	não	5000 litros	0	0.15	Cultura anuais	972 kg
	25	Boqueirão do Justino	não	500 litros	0	0.15	Cultura anuais Hortaliças	0
	26	Nova Vida	sim	20.000 litros	6000 litros	0.25	Cultura anuais	0
	27	Nova Vida	sim	20.000 litros	6000 litros	0.3	Cultura anuais Hortaliças	113 kg
	28	Nova Vida	sim	20.000 litros	5000 litros	0.25	Cultura anuais	0
	29	Nova Vida	sim	20.000 litros	10000 litros	0.5	Cultura anuais	120 kg
	30	Nova Vida	sim	20.000 litros	5000 litros	0.25	Cultura anuais	429 kg
	31	Nova Vida	sim	20.000 litros	5000 litros	0.25	Cultura anuais Hortaliças	110 kg
	32	Nova Vida	sim	20.000 litros	6000 litros	0.25	Cultura anuais	0
	33	Pedra de Amolar	sim	20.000 litros	6000 litros	0.25	Cultura anuais Hortaliças	336 kg
	34	Mangabeira	sim	20.000 litros	6000 litros	0.25	Cultura anuais Hortaliças Frutíferas	120 kg 3019 kg 50 kg
	35	Mangabeira	sim	20.000 litros	7000 litros	0.3	Cultura anuais Hortaliças Frutíferas	27.729 kg 86 kg 35 kg

	36	Val do Teú	sim	20.000 litros	5000 litros	0.2	Cultura anuais Hortaliças	3953 kg
	37	Ilha da Liberdade	sim	20.000 litros	10000 litros	0.5	Cultura anuais Hortaliças	13.412 kg
	38	de Melancia	sim	20.000 litros	6000 litros	0.2	Cultura anuais Hortaliças	100 kg 86 kg
	39	de Melancia	sim	20.000 litros	6000 litros	0.25	Cultura anuais Hortaliças	247 kg 176 kg
	40	São Cardoso	sim	30.000 litros	20.000litros	0.5	Culktras anuais e Fruticultura	332kg 8.184 kg
	41	São Cardoso	sim	20.000 litros	10.000litros	0.25	hotaliças	27.862kg
	42	Curral Velho	sim	20.000 litros	15000litros	0.25	Hortaliças e fruticultura	131kg 193kg
	43	Curral Velho	sim	20.000 litros	15000litros	0.25	culturas anuais e fruticultura	13.292kg 3.665kg
	44	São Cardoso	sim	20.000 litros	6.000litros	0.25	fruticultura hortaliças	332kg 8.184 kg
	45	Passagem da Ponte	sim	30.000 litros	15.000litros	0.5	culturas anuais e fruticultura	50.840kg 930 kg
Grupo 3 – Balsas	46	São Cardoso	sim	20.000 litros	6000litros	0.4	Fruticultura Cultura anuais	818g 4.345 kg
	47	São Cardoso	sim	20.000 litros	3000litros	0.18	Hotaliças	4286kg
	48	São Cardoso	sim	20.000 litros	10000litros	0.5	Cultura anuais Fruticultura	1.300g 2.700kg
	49	São Cardoso	sim	20.000 litros	6.000litros	0.25	Cultura anuais Fruticultura	16.060g 97.300kg
	50	São Cardoso	sim	20.000 litros	6.000litros	0.25	Culturas anuais	560kg
	51	Jenipapo	sim	20.000 litros	6.000litros	0.25	Hortliçãs e culturas anuais	1060kg 391 kg
	52	Curral Velho	sim	20.000 litros	6.000litros	0.25	Olericulas	273.000kg
	53	São Cardoso	sim	20.000 litros	6.000litros	0.25	Culturas anuais	332kg 8.184 kg
	54	Jenipapo	sim	20.000 litros	6.000litros	0.25	Hortaliças e culturas anuais	964kg 9.450kg

55	Jenipapo	sim	20.000 litros	6.000litros	0.18	Hortalças e culturas anuais	83kg 1.800 kg
56	Jenipapo	sim	20.000 litros	6.000litros	0.18	Culturas anuais	65.000kg
57	Jenipapo	sim	20.000 litros	6.000litros	0.18	Culturas anuais	1.045kg
58	São Cardoso	sim	20.000 litros	10.000litros	0.25	Culturas anuais	13.443kg

---

Para o aumento da regularidade e da disponibilidade hídrica em períodos de escassez, propiciada por reservatórios artificiais, foi realizado uma ampliação do acesso à água e foram construídas 41 cisternas com capacidade de armazenamento de 20.000 à 30.000 litros.

O sistema de captação foi implementado combinado com os sistemas de irrigação específicos para cada uma das culturas cultivadas nas propriedades selecionadas conforme demonstrados na Figura 11.



**Figura 11** - 1 – Cisterna em construção. 2 – Cisterna Finalizada. 3 – Preparação irrigação. 4 – Produção irrigada.

Os dados foram coletados e medidos durante um ano de implantação do programa e o projeto foi realizado com vistas a expansão da fronteira agrícola a partir da mecanização, conhecimento técnico e gestão empreendedora.

A implantação destes sistemas de armazenamento, Figura 12, ampliou a capacidade de abastecimento de água nas propriedades de agricultura familiar selecionadas em 160.000 L de água e irrigação beneficiou 42.500 m<sup>2</sup> de áreas que passaram a ser produtivas.



**Figura 12** – Registros das cisternas construídas

Foram produzidos 16 tipos de alimentos com a produção de 377 kilos de culturas anuais (milho e feijão), 1.575 kilos de culturas anuais e 1.214 unidades de horticultura como registrado na Figura 13.



**Figura 13** – Registros das áreas produtivas

A produtividade esperada foi considerada sem interferência que pudessem causar prejuízos severos, seja por fatores climáticos ou físicos (pragas e doenças). De acordo com Lima (2011), em relação aos usos, a agricultura irrigada é a prática que mais necessita de recursos hídricos em termos quantitativos.

Considerando a cultura plantada, o clima, o solo, o sistema de cultivo e do manejo da irrigação, pode ser consumido, normalmente, de 3.000 a 15.000 m<sup>3</sup>/ha/ano, ou seja, cerca de 300 a 1.500 mm/ha/ano, dependendo da necessidade de suplementação hídrica anual. Considerando que a irrigação se deu em períodos planejados e com métodos que reduzem as perdas, tivemos uma média de 37,65 m<sup>3</sup>/ha/ano, aproximadamente 10% da

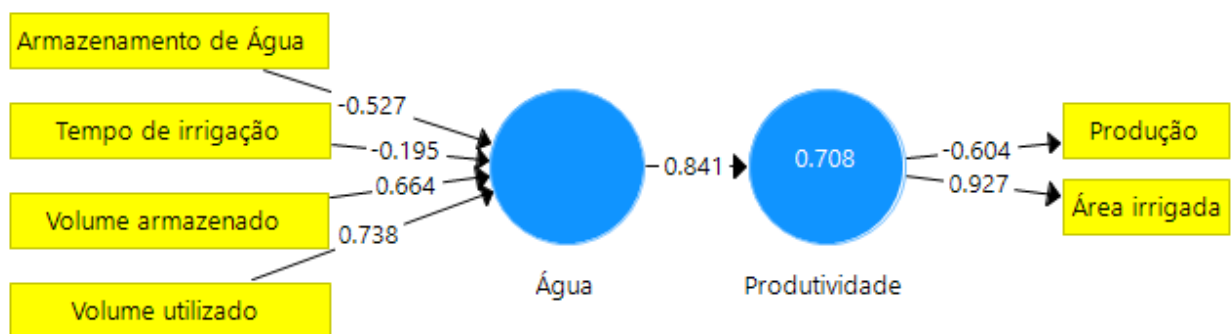
referência nacional.

No Brasil, segundo dados da Agência Nacional de Água e Saneamento (ANA), estima-se que a irrigação responde por 69% do consumo efetivo de recursos hídricos e aproximadamente 80% da água utilizada no país se destina à produção de alimentos. O que enfatiza a importância do trabalho em implementar sistemas de armazenamento de água e técnicas de irrigação em regiões de microbacias com escassez hídrica.

As 19 propriedades rurais que não tiveram a implementação das cisternas não tiveram descontinuidade no abastecimento de água, por terem outras formas de captação do recurso hídrico já estabelecidas e esse fator permitiu que o sistema de irrigação fosse equalizado nas 60 propriedades objetos deste estudo, ou seja, houve necessidade de implantação do sistema em 41 propriedades rurais.

#### 4.2 Análise PLS

Na primeira etapa, todas as variáveis medidas foram utilizadas no modelo estatístico sendo ligadas a duas variáveis gerais latentes chamadas água e produtividade resultando em um modelo formativo onde as variáveis medidas têm a relação de causalidade das variáveis latentes, representados na Figura 14.



**Figura 14** – Representação do modelo estrutural formativo gerado

Fonte: Do Autor, 2023

O objetivo da análise PLS-PM fora avaliar combinações lineares das seguintes variáveis latentes: água e produtividade. A princípio as variáveis medidas foram inseridas nas variáveis latentes. O segundo passo foi análise da multicolinearidade ou redundância entre os indicadores na formação dos constructos. Esta análise foi realizada com base num fator de inflação da variância – VIF, sendo aceitos valores abaixo de 10 (DIAMANTOPOULOS, 2008).

O modelo estrutural formativo demonstra que há influências diretas das variáveis latentes na produtividade pela correlação com as seguintes a disponibilidade hídrica, sendo que a produtividade é influenciada diretamente pela disponibilidade hídrica ( $\beta=0,841$ ).

### 4.3 Valoração do Modelo Estrutural

Na presente análise os valores de R2 tiveram resultados, registrados na Tabela 3, classificados como elevados para produtividade demonstrando a alta aplicabilidade do modelo.

**Tabela 3** – Valoração do modelo estrutural, coeficiente de determinação Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Ajustado
<b>Produtividade</b>	0,708	0,703

Pode-se observar que os valores ajustados para a variável produtividade é predita 70,3% mostrando-se valores importantes confirmando que as variáveis são explicadas satisfatoriamente pelas variáveis independentes determinando uma forte correlação entre elas.

#### **4.4 Análise de Coeficiente B e Estatística de Colinearidade**

Para mensurar o valor exato nos 70,8% de influência da variável independente sobre a dependente, faz-se uma multiplicação do Beta ( $\beta$ ), coeficiente de caminho, pela correlação das variáveis latentes independentes sobre a produtividade. 70,08% são influenciados pela correlação latente entre água e produtividade, este resultado demonstra forte influência da variável medida nas variáveis latentes em estudo.

Justifica-se a escolha do método de mínimos quadrados parciais para a estimativa dos parâmetros, uma vez que esse método não é afetado pela presença de multicolinearidade visto que as VIF's de todas as variáveis medidas no modelo tiveram resultados valorados menores que 10 validando o uso do mesmo.

#### **4.5 O modelo gerado**

As variâncias explicadas pelos modelos se relacionam a água e produtividade e variáveis latentes endógenas ( $R^2 = 0,708$ ). FERNANDES, 2018 recomendou a metodologia de Spearman para a análise de correlação deste tipo de modelo. Quando avaliamos o modelo gerado do grupo de agricultura familiar no município de Barreiras/BA demonstra que há influências diretas das variáveis latentes na Produtividade (P).

#### **4.6 Outros benefícios do projeto**

O programa contempla 60 famílias atendidas com aprimoramento da gestão em Barreiras e Balsas, com mais de 138 ações de assistência técnica e extensão rural e melhorias nas 94,5 hectares (67 ha em Barreiras e 27,5 ha em Balsas) de áreas produtivas beneficiadas. O incremento de renda por família após um ciclo produtivo, teve

a média de 230% atingindo até 400%. Para isso foram utilizadas as seguintes premissas:

- Avaliação das melhorias a serem adotadas nas técnicas de cultivo e nos sistemas de irrigação;
- Agricultores recebem capacitações técnicas agrícolas e melhoria na infraestrutura de reservatório e distribuição de água das propriedades;
- Aplicação de controles gerenciais e estratégias de comercialização;
- Capacitações para professores de escolas rurais da comunidade;
- Aplicação das técnicas aprendidas em suas propriedades rurais.

Dentre os resultados destacou-se também:

- Aumento na produtividade da lavoura;
- Diversificação de cultivos;
- Fortalecimento da Educação no Campo;
- Melhoria dos ganhos financeiro: aumento das vendas e da renda familiar;
- Melhoria da qualidade de vida.

Para melhoria da gestão das propriedade foram utilizadas 60 cadernetas agrícolas e cartilhas pedagógicas visando auxiliar os agricultores (as) nos controles da produção e comercialização dos produtos. Além disso, em Barreiras, foram feitos os preenchimentos dos 40 painéis de gestão à vista e das fichas de homologação dos produtos dos agricultores para potencializar as ações de comercialização e abertura de mercado.

A adesão das propriedades ao programa diversifica a produção ocasionando um bom uso do solo, relacionando o adequado manejo ao uso sustentável da propriedade, podendo reduzir a pegada ecológica potencial da atividade em si. Em 2007, DEMENGE, já fazia referências sobre o quanto a Pegada Ecológica já estava sendo amplamente utilizada para apontar o desequilíbrio entre humanos e a capacidade de regeneração da biosfera, muitas vezes levando a resultados perigosamente insustentáveis, ponderando que a Pegada Ecológica também poderia ser usada para apontar soluções inovadoras que permitem não só a redução das Pegadas Ecológicas, mas também a ampliação da biocapacidade ecossistêmica.

A Pegada Ecológica ensina que a biocapacidade, pode variar no tempo e influencia a quantidade de população que pode viver em um ambiente, e/ou seu nível de consumo de recursos. Ele também nos ensina que uma Pegada Ecológica muito alta pode resultar na erosão do capital natural, diminuindo ano após ano, sua capacidade de regeneração e redução da biocapacidade disponível para apropriação humana e, portanto, a futura Pegada Ecológica do ser humano. Neste contexto, uma propriedade bem utilizada mantém seus níveis produtivos e ainda contribui com serviços ecossistêmicos e preservação dos recursos naturais para uso das gerações futuras, o que reforça a relevância de programas de incentivo a boas práticas para a agricultura familiar.

Para além disso, pode haver uma contribuição significativa de fixação de carbono no solo pelo aprimoramento do manejo produtivo. MILNE et al, 2015 discorre sobre a necessidade de:

“Um novo foco no carbono do solo em todos os níveis de governança para o manejo do solo permitiria melhor a realização de todo o potencial dos serviços ecossistêmicos do solo. Este avanço é urgente e essencial. Há uma oportunidade significativa através do gerenciamento do carbono do solo para ajudar a atender à demanda por alimentos, combustível e água limpa em todo o mundo. É também um passo essencial para o gerenciamento do solo que estabelece funções aprimoradas do solo que duram - a fim de atender às necessidades das gerações futuras.”

A Figura 15 esquematiza o ciclo completo do programa para melhor entendimento dos resultados.



Figura 15 - Ciclo completo do programa a) Trilha do programa Village



Figura 15 - Ciclo completo do programa b) Eixos do programa Village



Figura 15 - Ciclo completo do programa c) Eixo de educação e parcerias

Fonte Instituto Mosaic



Figura 15 - Ciclo completo do programa d) Eixo água

Fonte Instituto Mosaic



Figura 15 - Ciclo completo do programa e) Eixo agricultura – mobilização

Fonte Instituto Mosaic



Figura 15 - Ciclo completo do programa f) Eixo agricultura – produtividade

Fonte Instituto Mosaic



Figura 15 - Ciclo completo do programa g) Eixo agricultura – mobilização

Fonte Instituto Mosaic



Figura 15 - Ciclo completo do programa h) o legado: transformação social

Fonte Instituto Mosaic

## 4.7 Segurança hídrica

A importância da gestão da água no meio rural utilizando práticas de baixa tecnologia, tanto para fins domésticos como para a produção agrícola já foi objeto de estudo (ROCKSTROM, 2000). Onde reforçou a importância da estabilização do abastecimento de água ao longo do tempo, tanto para a pecuária, como para o uso doméstico e para a produção agrícola. Neste trabalho, o uso de cisternas e a regularização dos abastecimentos de forma perene fizeram a diferença na produtividade dos agricultores que tiveram o potencial produtivo de suas propriedades, transformado com o uso das cisternas que possuem baixo custo e fácil operacionalidade.

Segundo Moumen (2019), a segurança hídrica é um desafio para o desenvolvimento de uma agricultura moderna alinhada com as exigências do mercado global mundial e, ainda para eliminar a pobreza, ajudando a agricultura de pequenos agricultores. A implementação de tecnologia para o armazenamento de água oferece um forte apoio ao crescimento econômico. Entretanto, como essas ações para "segurança da água" são pontuais, o acesso à água potável e serviços de saneamento ainda carecem de muita melhoria.

Estes fatores aliados a mudança climática, que influencia os padrões de precipitação, a longo prazo, a gestão dos recursos hídricos tornar-se-á ainda mais crítica. A esta luz, é primordial, adotar estratégias de gestão hídrica adequadas, que vão de mãos dadas com os objetivos de desenvolvimento sustentável com políticas públicas que impulsionem parcerias público privadas de estímulo a agricultura familiar com ações de suporte específicas à segurança hídrica.

Avaliando os aspectos de segurança hídrica, Barbosa (2022) afirma que a crise hídrica tem origem na forma de como a sociedade se apropria da natureza. Essa apropriação se materializa de diferentes formas nas áreas rurais e nos centros urbanos. Nas cidades, chama-se a atenção para as regiões metropolitanas. Estas, por suas características, se constituem o lócus onde se concentram o maior quantitativo

populacional, as infraestruturas, os serviços e os poderes constituídos que atuam na gestão dos recursos hídricos e, por sua vez, onde emergem e são percebidos os conflitos, as contradições e as desigualdades sociais. As desigualdades que marcam a sociedade brasileira estão expressas nas paisagens urbanas por meio de uma sociedade que naturaliza as explorações, as expropriações, as hierarquizações, a pobreza e a espoliação.

Projetos de agricultura bem sucedidos reduzem o êxodo rural, fixando as pessoas nas propriedades. Ainda segundo a autora, (BARBOSA, 2022), as análises sobre segurança hídrica se apresentam desafiadoras, visto que os cenários de riscos e incertezas se intensificam ancorados num contexto de mudanças climáticas globais, onde a construção do conceito de segurança perpassa por concepções amplas como: segurança coletiva; segurança comum; segurança cooperativa e segurança humana. Neste contexto, torna-se ainda mais relevante a análise de grupos comunitários e não somente da propriedade individual, assim como ações de incentivo a agricultura familiar com pilares educativos e incentivos para promoção do sucesso produtivo na comunidade.

A intervenção para disponibilidade hídrica, por meio do abastecimento de cisternas ou outras fontes perenes, estão fortemente associados ao sucesso produtivo, trazendo sustentabilidade para as comunidades (ODS – 11 – comunidades sustentáveis) e também para a produção (ODS – 12 – consumo e produção responsáveis).

#### **4.8 Aspectos de ESG, Diversidade, Inclusão e outras considerações**

No que concerne a responsabilidade social corporativa, Pedersen (2021) propõe uma teoria na qual a pontuação ambiental, social e de governança (ESG) de cada ação desempenha dois papéis: (1) fornecer informações sobre os fundamentos da empresa e (2) afetar as preferências dos investidores. Assim os produtos de empresas que adotam as premissas de ESG tornam-se mais sustentáveis, trazendo retorno de atratividade no mercado circular tanto para investidores como para clientes sobre o investimento social privado.

Dantas (2021) ainda conecta os conceitos de ESG e Mercado Circular por meio de estratégia interconectada para a promoção de práticas e soluções sustentáveis que abordem as principais questões enfrentadas por nossa sociedade.

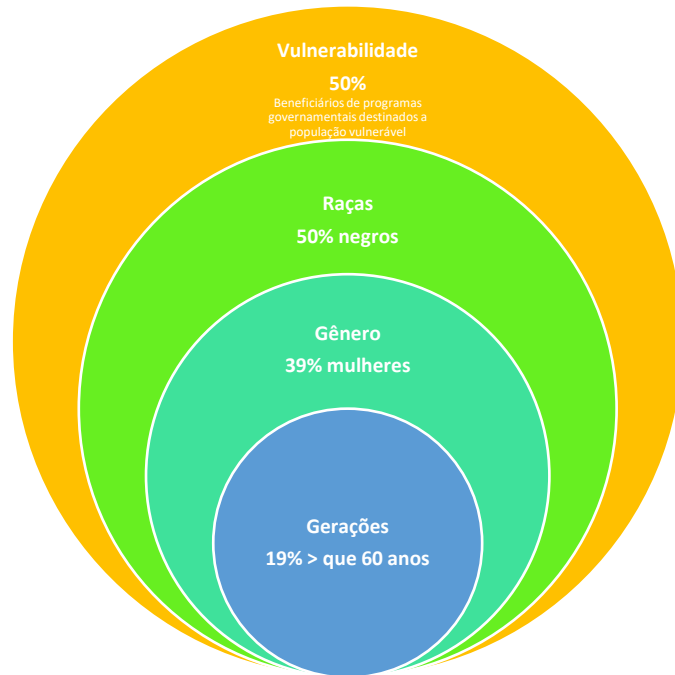
Na prática podemos conectar ESG à aderência aos ODS propostos pela ONU, neste cenário faremos uma avaliação dos resultados a luz da aderência à estas premissas. O fomento da agricultura familiar, o sucesso das estratégias de subsistência e a possibilidade de comercialização do excedente de produção, diminuem o êxodo rural e contribuem com a manutenção da floresta em pé, com o combate à fome e com a criação de formas produtivas mais sustentáveis, alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável:

A produção de alimentos, a geração de renda por meio da comercialização do excedente produtivo contribui para o ODS 1 – Erradicação da Pobreza, 2 – Fome Zero e Agricultura Sustentável o que é confirmado por LI, et al. 2020, que em seus estudos associa o sucesso dos pequenos agricultores a redução da pobreza por meio da subsistência sustentável das pequenas propriedades. Ademais, cabe destacar a contribuição das pequenas propriedades produtivas para o ODS 8 – Trabalho decente e crescimento econômico por meio da promoção do crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo, e trabalho decente para os produtores rurais.

A zona rural historicamente acolhe grupos minoritários que passam por processo de histórico de exclusão. Neste estudo observa-se a participação de mulheres e pessoas negras com maior representação na liderança das famílias dos grupos abrangidos pelo projeto. A importância dessa participação foi objeto de estudo de SILIPRANDI, 2009, que registrou a relevância de mulheres agricultoras na participação de movimentos agroecológicos formados no Brasil nos últimos trinta anos que traz também a valorização da coletividade por estes grupos, bem como o reconhecimento da importância dessas lideranças para a organização coletiva, reconhecendo o papel do grupo e do suporte das instituições para avanço deste modelo.

Alinhado as premissas de Diversidade e Inclusão o projeto incorpora estes pilares

em sua metodologia, selecionando e atendendo, prioritariamente, famílias em situação de vulnerabilidade e desigualdade social, conforme representado na Figura 16.



**Figura 16** - Indicadores de Diversidade e Inclusão

Para análise dos indicadores acima deve ser considerada a interseccionalidade, ou seja, interação entre dois ou mais fatores sociais que definem uma pessoa: questões de identidade como gênero, etnia, raça, localização geográfica ou mesmo idade não afetam uma pessoa separadamente. Neste cenário, o suporte a agricultura familiar e ações de incentivo tornam-se indispensáveis para avanço em direção ao ODS – 5 – Igualdade de Gênero: para alcançar a igualdade de gênero e empoderar todas as mulheres e meninas e também para o ODS – 10 – Redução das desigualdades.

Como impacto positivo a adicional o aprimoramento do manejo diversificado das propriedades amplia a função ecológica da propriedade, conforme afirma DE SOUZA, 2012 em seus estudos:

“o manejo agroecológico em sistema de produção permite elevar o teor de matéria orgânica dos solos, pela reciclagem e sequestro de carbono atmosférico, confirmando elevado

potencial para reduzir as emissões de Gases de Efeito Estufa, podendo contribuir para a redução do aquecimento global.”

Podendo afirmar que a implementação do projeto contribuir para a captura de carbono pelo solo, em nível local, contribuindo para redução do impacto das mudanças climáticas (ODS – 13 – Ação contra a mudança global do clima). No contexto global as ações locais, individuais tornam-se cada vez mais relevantes e fazem a diferença, pois somadas a outras iniciativas mudam de forma significativa o macro cenário, como a própria ONU convida as instituições a aderirem aos ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável propondo ações locais, para impacto global!

Somando-se à crise climática, que tende a intensificar a hídrica, os anos 2020 e 2021 também registraram o alastramento da COVID-19. A pandemia contribuiu para ampliar as condições de vulnerabilidade da população mais empobrecida. Esse quadro é considerado pela ONU, a pior crise sistêmica já vivenciada no planeta, que têm como resultado, o aprofundamento das desigualdades sociais (PNUD, 2021). Neste contexto, as parcerias previstas no ODS 17 – Parcerias e meios de implementação por meio de programas para apoio à agricultura familiar integrando diferentes stakeholders do mesmo contexto social em benefício da comunidade tornam-se ainda mais essenciais para fixação da população na zona rural e contribuição para alimentação regional com produtos produzidos por estas famílias.

## **5. CONCLUSÃO**

O projeto de suporte a agricultura familiar em Barreiras (BA) e em Balsas (MA), está localizado em uma região que faz parte da expansão da fronteira agrícola MATOPIBA, com PIB elevados, porém com Índices de Desenvolvimento Humano (IDH) que não acompanham o crescimento econômico, tendo como principais impactados os pequenos produtores rurais, devido a alta incidência de insegurança alimentar e vulnerabilidade social.

Neste contexto, políticas e ações de suporte à agricultura familiar tornam-se essenciais para prosperidade da região com vistas a redução das desigualdades sociais. A eficácia das ações de suporte a agricultura familiar, é corroborada por este estudo que comprova a relação direta entre a produtividade agrícola e a disponibilidade hídrica, acompanhada de boas práticas agronômicas e econômicas confirmando a importância da segurança hídrica para a segurança alimentar, seja por meio de armazenamento artificiais ou perenidade do sistema de abastecimento pela própria bacia hidrográfica, para incremento da produtividade e conseqüentemente do desenvolvimento socioeconômico de uma região.

A agricultura familiar, especialmente de subsistência, pode ter seus índices de produtividade melhorados quando suportados por uma rede apoio, melhorando a qualidade de vida no campo, reduzindo o êxodo rural e melhor utilizando as áreas produtivas disponíveis respeitando as diretrizes de sustentabilidade.

O projeto Village contribui para o alcance da Agenda 2030 com ganhos significativos para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e pode servir de modelo para outras iniciativas que visem estimular a agricultura familiar em especial a de subsistência em regiões de insegurança hídrica e alimentar.

## 6 REFERÊNCIAS

ABID, Muhammad et al. The role of social networks in agricultural adaptation to climate change: implications for sustainable agriculture in Pakistan. *Climate*, v. 5, n. 4, p. 85, 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. Plano Nacional de Segurança Hídrica. Brasília, p. 112. 2019. (ISBN: 978-85-8210-059-2).

ANA – Agência Nacional de Água e Saneamento – Dados de Consumo de Água, Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico — Português (Brasil) ([www.gov.br](http://www.gov.br)). Acesso em: 02 de janeiro de 2022.

ATLAS BRASIL: brasil. Brasil. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/>. Acesso em: 16 maio 2021. <http://www.atlasbrasil.org.br/>.

BAKKER, Karen. Water security: research challenges and opportunities. *Science*, v. 337, n. 6097, p. 914-915, 2012.

BALSAN, R. Impactos decorrentes da modernização da agricultura brasileira / Decurrent impacts of the agriculture modernization in Brazil. *Revista Campo-Território*, Uberlândia-MG, v. 1, n. 2, 2006. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/campoterritorio/article/view/11787>. Acesso em: 2 nov. 2022.

BARBOSA, P. M. Segurança hídrica e dimensão social: um olhar sobre a região metropolitana de Goiânia. 2022. 180 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2022.

BOCCUZZO, G. and Fordellone, M. Comments about the use of PLS path modeling in

building a Job Quality Composite Indicator (2015)

BORDIGNON, Alex Júnior Zanchet. Simulação das necessidades hídricas e produtividade da cultura da soja no MATOPIBA. 2022. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

BRICE, Jeremy et al. Immaterial animals and financialized forests: Asset manager capitalism, ESG integration and the politics of livestock. *Environment and Planning A: Economy and Space*, v. 54, n. 8, p. 1551-1568, 2022.

CBHSF - Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (Brasil) (org.). Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Grande. Disponível em: <https://cbhsaofrancisco.org.br/comites-de-afluentes/cbh-do-rio-grande-bahia/>. Acesso em: 24 mar. 2021.

CENSO, 2017, Censo Agropecuário, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística <https://censoagro2017.ibge.gov.br/> Acesso em: 02 de janeiro de 2022.

CEPEDA, Gabriel; ROLDÁN, J. L. Aplicando en la práctica la técnica PLS en la Administración de Empresas. In: *Conocimiento y Competitividad*. XIV Congreso Nacional ACEDE. Murcia. 2004. p. 74-8.

CHUTE, Katharine et al. Agricultural Carbon Offset Market Development: Barriers & Opportunities from the Farmer Perspective. 2022.

DANTAS, Thales ET et al. How the combination of Circular Economy and Industry 4.0 can contribute towards achieving the Sustainable Development Goals. *Sustainable Production and Consumption*, v. 26, p. 213-227, 2021.

DE MENDONÇA, Gislaine Costa et al. Spatial indicator of priority areas for the implementation of agroforestry systems: An optimization strategy for agricultural landscapes restoration. *Science of The Total Environment*, p. 156185, 2022.

DE SOUZA, Jacimar Luis; PREZOTTI, Luiz Carlos; GUARÇONI M, André. Potencial de seqüestro de carbono em solos agrícolas sob manejo orgânico para redução da emissão de gases de efeito estufa. *Idesia (Arica)*, v. 30, n. 1, p. 7-15, 2012.

DEAN, Angela J. et al. Fostering water sensitive citizenship—Community profiles of engagement in water-related issues. *Environmental Science & Policy*, v. 55, p. 238-247, 2016.

DEMENGE, Jonathan. Measuring Ecological Footprints of Subsistence Farmer in Ladakh. In: *International Ecological Footprint Conference, Cardiff, Wales(UK)*. <http://web.mnstate.edu/robertsb/307/ANTH>. 2007.

DIAMANTOPOULOS, A. Advancing formative measurement models. *Journal Of Business Research*, [s.l.], v. 61, n. 12, p.1203-1218, dez. 2008.

DIONIZIO, E. A.; COSTA, M. H. (2019). Influence of land use and land cover on hydraulic and physical soil properties at the cerrado agricultural frontier. *Agriculture (Switzerland)*, v. 9, n. 1, p. 1–14.

DOS SANTOS, Marcia França Ribeiro Fernandes; DE SOUZA XAVIER, Leydervan; PEIXOTO, José Antonio Assunção. Estudo do indicador de sustentabilidade “Pegada Ecológica”: uma abordagem teórico-empírica. *Revista Ibero Americana de Estratégia*, v. 7, n. 1, p. 29-37, 2008.

FALK, R. F.; MILLER, N. B. *A primer for soft modeling*. 1992. Ohio University of Akron Press, Akron.

FAO, Food And Agriculture Organization of United Nations, 2033. <Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação: Brasil em resumo | FAO no Brasil | Food and Agriculture Organization of the United Nations> Acesso em: 22 de Janeiro de 2023

FERNANDES, L.F. SANCHES et al. A partial least squares – Path modeling analysis for the understanding of biodiversity loss in rural and urban watersheds in Portugal. *Science Of The Total Environment*, [s.l.], v. 626, p.1069-1085, jun. 2018. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez33.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0048969718301487#bb0070>>. Acesso em: 26 jan. 2019.

FONSECA, Wéverson Lima et al. Causas e consequências do êxodo rural no nordeste brasileiro. *Nucleus*, v. 12, n. 1, p. 233-240, 2015.

GARSON, G. D. *Partial Least Squares: Regression and Structural Equation Models*. Asheboro, NC: Statistical Associates Publishers, 2016.

GUIMARÃES NETO, G.; FORTUNATO, O. CIDREIRA, M. comparação entre o avanço do agronegócio da soja no Oeste da bahia e a redução na vazão do rio grande. *Anais XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos – SBRH, Florianópolis - SC, 2017*.

HAIR, J.F.; HULT, T.M.; RINGLE, C.M. e SARSTEDT, M. *A Primer on Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM)*. Los Angeles: SAGE, 2014.

HENSELER, J.; RINGLE, C. M.; SINKOVICS, R. R.. The use of partial least squares path modeling in international marketing. *Advances In International Marketing*, [s.l.], v. 20, p.277-319, 2009. Emerald Group Publishing. [http://dx.doi.org/10.1108/s1474-7979\(2009\)0000020014](http://dx.doi.org/10.1108/s1474-7979(2009)0000020014).

HENSELER, J., et al. (2014) Common Beliefs and Reality about PLS: Comments on R?nkk? and Evermann (2013). *Organizational Research Methods*, 17, 182-209. <https://doi.org/10.1177/1094428114526928>.

HERAS-SAIZARBITORIA, Iñaki; URBIETA, Laida; BOIRAL, Olivier. Organizations' engagement with sustainable development goals: From cherry-picking to SDG-washing?. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, v. 29, n. 2, p. 316-328,

2022.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>  
Acesso em: 21 de março 2023.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2018). Tutorial de Geoprocessamento. Disponível em: [http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao\\_geo.html](http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao_geo.html). Acesso em: 23 de novembro 2022.

INSTITUTO MOSAIC., MOSAIC Fondation, Mandu/ISES, Projeto Village Brasil. Março, 2022. Meio Físico.

LI, Wenjing et al. How livelihood assets contribute to sustainable development of smallholder farmers. *Journal of International Development*, v. 32, n. 3, p. 408-429, 2020.

LIMA, Antônia Francisca; DE ASSIS SILVA, Edvânia Gomes; DE FREITAS IWATA, Bruna. *Agriculturas e agricultura familiar no Brasil: uma revisão de literatura. Retratos de Assentamentos*, v. 22, n. 1, p. 50-68, 2019.

LISA A. Lobry de Bruyn, Sam North, Andrew Biggs, Ivanah C. Oliver, Vanessa N.L. Wong, Oliver G.G. Knox, Australian priorities for soil research and land manager engagement to improve sustainable soil management, *Geoderma Regional*, Volume 29, 2022, e00509, ISSN 2352-0094, <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2022.e00509>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352009422000293>)

LIMA, Antônia Francisca; DE ASSIS SILVA, Edvânia Gomes; DE FREITAS IWATA, Bruna. *Agriculturas e agricultura familiar no Brasil: uma revisão de literatura. Retratos de Assentamentos*, v. 22, n. 1, p. 50-68, 2019.

LIMA, E. F. W.; (2011). *Situação e perspectivas sobre as águas do cerrado. Ciência e Cultura*, vol 63 – SBPC, São Paulo – SP.

LOFTUS, Alex John; DE SOUSA, Ana Cristina Augusto. (In) segurança hídrica: garantindo o direito à água. GEOUSP Espaço e Tempo (Online), v. 25, n. 2, 2021.

LÖSCH, Edaciano Leandro; BRICARELLO, Patrizia Ana; GAIA, Marília Carla de Mello. Agroecologia e segurança alimentar em tempos de pandemia de Covid-19. Revista Katálysis, v. 25, p. 551-559, 2022.

MACIEL, ALANA PINHEIRO; SANTOS, Fernando Corrêa dos. REVISÃO DE LITERATURA: A IMPORTÂNCIA DO CRÉDITO RURAL NA AGRICULTURA FAMILIAR. 2022.

MANSON, Steven M. et al. Modeling the effect of social networks on adoption of multifunctional agriculture. Environmental modelling & software, v. 75, p. 388-401, 2016.

MARQUES, Maria Nogueira et al. Avaliação do impacto da agricultura em áreas de proteção ambiental, pertencentes à bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape, São Paulo. Química Nova, v. 30, p. 1171-1178, 2007.

MEADOWS D H, Meadows D L, Randers J, Behrens W W III, 1972 The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind (Universe Books, New York)

MESQUITA, Luis Fabio Gonçalves. Os comitês de bacias hidrográficas e o gerenciamento integrado na Política Nacional de Recursos Hídricos. Desenvolvimento e Meio ambiente, v. 45, 2018.

MILNE, Eleanor et al. Soil carbon, multiple benefits. Environmental Development, v. 13, p. 33-38, 2015.

MINITAB <https://support.minitab.com/pt-br/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/regression/supporting-topics/partial-least-squares-regression/what-is-partial->

least-squares-regression/ 2019.

MIRANDA, E. E. de; (Coord.). Brasil em Relevo. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 24 Fev. 2022.

MONECKE, A.; LEISCH, F.. SemPLS: Structural Equation Modeling Using Partial Least Squares. Journal Of Statistical Software. Innsbruck, p. 1-32. maio 2012.

MOUMEN, Zineb et al. Water security and sustainable development. Insights into Regional Development, v. 1, n. 4, p. 301-317, 2019.

NOGUEIRA, Daniela. Segurança hídrica, adaptação e gênero: o caso das cisternas para captação de água de chuva no semiárido brasileiro. Sustainability in Debate/Sustentabilidade em Debate, v. 8, n. 3, 2017.

PALM, Cheryl et al. Conservation agriculture and ecosystem services: An overview. Agriculture, Ecosystems & Environment, v. 187, p. 87-105, 2014.

PARRAS, Rafael et al. The Configuration of Forest Cover in Ribeirão Preto: A Diagnosis of Brazil's Forest Code Implementation. Sustainability, v. 12, n. 14, p. 5686, 2020.

PEREIRA, Marcos; OLIVEIRA, Ana MarluCIA. Poverty and food insecurity may increase as the threat of COVID-19 spreads. Public health nutrition, v. 23, n. 17, p. 3236-3240, 2020.

PINA, N. V. M.; MONDARDO, M. O. L. Duas faces, uma região: da pujança do agronegócio à pobreza e precariedade das populações locais no oeste da Bahia. Revista Geonorte, Manaus, v. 7, n. 1, p.1545-1556, 2013.

PORTO, Monica FA; PORTO, Rubem La Laina. Gestão de bacias hidrográficas. Estudos

avançados, v. 22, p. 43-60, 2008.

RICHTER, F. ScienceDirect. Geochim. Cosmochim. Acta (2016).  
doi:10.1016/j.gca.2016.05.016

RINGLE, C.M., WENDE, S. AND BECKER, J.M. SmartPLS. SmartPLS GmbH, Boenningstedt. 2015.

ROCKSTROM, J. Water resources management in smallholder farms in Eastern and Southern Africa: An overview. Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere, v. 25, n. 3, p. 275-283, 2000.

RURAL, Canal. todo-pais-fazem-barreiras-capital-oeste-baiano-50572/ 2020. Acesso em: 30 maio 2021. Disponível em: <https://www.canalrural.com.br/noticias/agricultores-todo-pais-fazem-barreiras-capital-oeste-baiano-50572/>

SANCHEZ, G. (2013). PLS path modeling with R. Berkeley: Trowchez Editions, 383, 2013.

SANTANA, Vitor Leal; ARSKY, I. da C.; SOARES, Carlos Cleber Sousa. Democratização do acesso à água e desenvolvimento local: a experiência do Programa Cisternas no semiárido brasileiro. Anais do I circuito de debates acadêmicos, 2011.

SECRETARIA ESPECIAL DE AGRICULTURA FAMILIAR E DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO. Agricultura familiar do Brasil é 8ª maior produtora de alimentos do mundo. 2018. Disponível em: <http://www.mda.gov.br/sitemda/noticias/agricultura-familiar-do-brasil-%C3%A9-8%C2%AA-maior-produtora-de-alimentos-do-mundo>. Acesso em: 10 set. 2020.

SILIPRANDI, Emma. Mulheres e Agroecologia: a construção de novos sujeitos políticos na agricultura familiar. 2009.

SILVA, José Irivaldo Alves Oliveira et al. Segurança Hídrica Ecológica: fundamentos para um conceito jurídico. 2020.

SILVA NETO, A. F.; GUIMARÃES, C. L.; ARAÚJO, J. S.; ARAÚJO, J. S. Geotecnologias para a caracterização morfométrica de bacia hidrográfica. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, Foz do Iguaçu - PR, 2013.

SILVA, Silvana Oliveira da et al. A cor e o sexo da fome: análise da insegurança alimentar sob o olhar da interseccionalidade. Cadernos de Saúde Pública, v. 38, p. e00255621, 2022.

SIMS, Brian et al. Sustainable weed management for conservation agriculture: Options for smallholder farmers. Agriculture, v. 8, n. 8, p. 118, 2018.

TERENCIO, D. P. S.; FERNANDES, L.F.S; CORTES, R. M.V.; MOURA, J.P.; PACHECO, F.A.L.; Can Landcover Changes Mitigate Large Floods? A reflection based on Partial Least Squares-Path Modeling, Water. 2019.

THE NATURE CONSERVANCY, 2023. O Sistema alimentar global amadurece para mudanças. < O Sistema alimentar global amadurece para mudanças (tnc.org.br)> Acesso em: 19 janeiro 2023.

TUCCI, C. E. M. 1997. Hidrologia: ciência e aplicação 2.ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRGS, 1997. (Col. ABRH de Recursos Hídricos, v.4).

UNCED, A guide to Agenda 21. United Nations Commission on Environment and Development Geneva. 1992

VALLE JUNIOR, R. F.; VARANDAS, S. G. P., FERNANDES, L. F. S. & PACHECO, F. A. L. Land Use Policy Environmental land use conflicts : A threat to soil conservation. Land use policy 41, 172–185 (2014)

WANG, G., Mang, S., Cai, H. et al. Integrated watershed management: evolution, development and emerging trends. *J. For. Res.* 27, 967–994 (2016). <https://doi.org/10.1007/s11676-016-0293-3>

WOLKMER, Maria de Fátima S.; PIMMEL, Nicole Freiburger. Política Nacional de Recursos Hídricos: governança da água e cidadania ambiental. Sequência (Florianópolis), p. 165-198, 2013.

WOLD, Herman. Estimation of principal components and related models by iterative least squares", 1966, in P.R. Krishnaiah, editor, *Multivariate Analysis*.

WOLD, Herman. "Model Construction and Evaluation When Theoretical Knowledge Is Scarce Theory and Application of Partial Least Squares" 1980, in J. Kmenta and J.B. Ramsey, editors, *Evaluation of Econometric Models*

XIANG W-N, Clarke KC. The Use of Scenarios in Land-Use Planning. *Environment and Planning B: Planning and Design*. 2003;30(6):885-909. doi:10.1068/b2945